



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
Área de concentração: Geografia e Gestão do Território



Mestrado Acadêmico em Geografia



**MUDANÇAS NO USO DO SOLO E COMPORTAMENTO DAS VAZÕES  
NA BACIA DO PARANAÍBA - BRASIL.**

GLEIDSON CAETANO DA SILVA

Uberlândia/MG  
Maio/2017

GLEIDSON CAETANO DA SILVA

**MUDANÇAS NO USO DO SOLO E COMPORTAMENTO DAS VAZÕES  
NA BACIA DO PARANAÍBA- BRASIL.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Área de Concentração:** Geografia e Gestão do Território.

**Linha de Pesquisa:** Análise, Planejamento e Gestão Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira

Uberlândia/MG  
Maio/2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S586m  
2017      Silva, Gleidson Caetano da, 1978-  
            Mudanças no uso do solo e comportamento das vazões na bacia do  
            Paranaíba - Brasil / Gleidson Caetano da Silva. - 2017.  
            218 f. : il.

            Orientador: Vanderlei de Oliveira Ferreira.  
            Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
            Programa de Pós-Graduação em Geografia.  
            Inclui bibliografia.

            1. Geografia - Teses. 2. Solo - Uso - Teses. 3. Bacias hidrográficas -  
            Teses. 4. Paranaíba, Rio, Bacia - Teses. I. Ferreira, Vanderlei de  
            Oliveira. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-  
            Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia

**IG**

**GLEIDSON CAETANO DA SILVA**

MUDANÇAS NO USO DO SOLO E COMPORTAMENTO DAS  
VAZÕES NA BACIA DO PARANAÍBA – BRASIL

Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira - UFU

Professor Dr. Josenilson Bernardo da Silva – UFTM

Professor Dr. Paulo Cezar Mendes – UFU

Data: 23 / 05 de 2017

Resultado: Aprovado

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é se não uma gota d’água no oceano. Mas o oceano seria menor se lhe faltasse uma gota”.*

*Madre Teresa de Calcutá*

“Aos meus pais Rosangela e Osair e a minha avó Dona Tatinha, por serem fonte de amor, inspiração e conquistas, dedico não só este trabalho mais toda a minha vida...”

## AGRADECIMENTOS

Sobretudo a Deus por estar sempre me iluminando e por ter me guiado até nos momentos mais difíceis da minha vida. Só a Ele toda a Glória...

Ao meu orientador Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira pela amizade, companheirismo, paciência e pelos ensinamentos que me foram úteis tanto para vida acadêmica quanto para vida pessoal, muito obrigado por tudo...

Aos meus dois exemplos de vida e que me conceberam a vida, Osair e Rosangela, obrigado por serem essa fonte imensurável de amor e sabedoria e, com certeza sem vocês eu nada sou...

A minha amada avó Geralda Campos de Faria obrigado por tudo, principalmente por nunca ter desistido de mim e por ter confiado quando todo até eu mesmo duvidava, espero que do céu possa ver a nossa conquista, te amo...

Ao meu padrinho Bruno e tia Aurinha obrigado por me apoiarem na vida, amo vocês.

A minha amada Leticia Hooper (Vida), obrigado por tudo que fez e faz por mim, agradeço a paciência, o ombro amigo, a palavra forte o amor, amo você.

Aos meus irmãos Elisangela e Glenio, e aos meus sobrinhos Emanuel e Miguel obrigado por tudo, por serem a família que pedi a Deus...

Aos meus queridos sogros Carlos e Neide por compartilharem amizade e força na minha vida...

Agradeço a toda minha família que sempre me apoia e ora por mim, muito obrigado.

Aos irmãos que a vida me deu Gustavo Morghan e Leandro obrigado por tudo e por nunca terem me abandonado nas horas difíceis e por sempre me ajudarem a superar tudo.

Aos meus irmãos de alma e de música Diego, Igor, Luiz Augusto, muito obrigado pela palavra positiva sempre e por me apoiarem tanto na vida e na música, Preta Jey.

Aos verdadeiros amigos, que estiveram ao meu lado nos momentos difíceis e que não vou citar nomes para não correr o risco de esquecer alguém. Em especial aos amigos de curso Igor, Carol, Larissa, Samuel, Renato, Lilian e Giliander, obrigado por cada momento ímpar e pela amizade que levarei para sempre comigo. Aos meus eternos professores Josenilson, Carlão, Marisa Diniz, Claudomiro, Salvino, Goretinha, PC Mendes, Gerusa, Cláudia Murta, Milla, Paulo Melo, Djalma, Camacho, Flávio Guará, muito obrigado por serem sempre uma fonte de inspiração e grandes amigos. Agradeço a todos meus alunos por serem fonte de inspiração e realmente palavras não expressam o quanto são importantes para mim...

A todos que seguraram minhas mãos e aos que soltaram também, eu nunca os esquecerei.

## RESUMO

O uso e a ocupação dos solos tendem a exercer influência marcante sobre os recursos hídricos, podendo vir a alterar a qualidade e a disponibilidade da água. Com isto se objetivou com o presente estudo analisar a influência da mudança do uso e ocupação dos solos no comportamento das vazões na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba – Brasil. Optou em trabalhar com a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, pois a mesma se destaca sendo a segunda maior unidade da Região Hidrográfica do Paraná e totaliza uma área de drenagem de 222,6 mil km<sup>2</sup>. Com relação a sua localização na região central do Brasil, ocupa em torno de 2,6% do território nacional, além de incluir os estados de Goiás com 63,3%, Mato Grosso do Sul com 3,4% e Minas Gerais 31,7%, além do Distrito Federal com 1,6%, totalizando 197 municípios, além do Distrito Federal. Com relação a proposta de análise da mudança do uso e ocupação dos solos foram elaborados os mapeamentos para os períodos de 1985, 2003 e 2013, seguindo as seguintes divisões de classes de uso e ocupação dos solos, sendo elas, Corpos D'água, Influência Urbana, Influência Mineral, Silvicultura, Pastagem, Vegetação Natural e Agriculturas, onde pode-se constar a expansão de algumas classes categorizadas. Foram tabulados os dados de precipitação para o período de 1975 a 2013 totalizando uma série histórica e/ou temporal de 38 anos, e os resultados referentes as precipitações avaliadas nas 21 estações pluviométricas analisadas permitiram compreender que a média geral foi igual a 1.466,7 mm, além de apontar os anos com maior índice de precipitação média anual e com menor índice de precipitação média anual. Com relação as estações pluviométricas, destacam-se com maior média anual a EP21 Sacramento com 1659,02 mm e com menor média anual a EP14 Burity Alegre com 1.309,18 mm. Com relação a tabulação dos dados fluviométricos foram utilizados 23 estações e também foi mantida a série histórica e/ou temporal adotada para os dados de pluviométricos, onde foram aplicados os testes estatísticos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz *the runs*, buscando assim identificar os cenários tendenciais nos regimes de vazão máxima, média e mínima, para tanto foi constatado que há uma maior ocorrência de registros de cenários tendenciais aos regimes de vazão máxima que apresentaram maior referência ao indicador TNSQ tendência não significativa de queda, embora foram encontrado 23 registros para os regimes de vazões quando foram analisados para o período geral da amostra sendo ele de 1975 a 2013, houve maior representatividade quando houve a fragmentação em subperíodos sendo estes 1975 a 1985, 1985 a 2003 e 2003 a 2013, sendo assim, foi possível constatar que a análise para períodos temporais maiores acaba ocultado cenários tendenciais. Usando o teste de Wald-Wolfowitz como ferramenta para verificar a consistência do teste de Mann-Kendall, confirma-se que o teste de Mann-Kendall possui maior expressividade para ser usado na detecção de cenários tendências em regimes de vazões. A análise entre os dados de chuva e vazão permitiram efetuar uma estimativa dos dados de vazão para as estações fluviométricas e posteriormente o cálculo do índice de transformação antrópico para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba – Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Uso e ocupação dos solos, Cenário Tendencial, Regimes de Vazão, hidrologia climática, geografia, bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

## ABSTRACT

Soil use and occupation tend to have a significant influence on water resources, and may change the quality and availability of water. The objective of this study was to analyze the influence of land use and land use change on flow behavior in the Paranaíba River basin - Brazil. He chose to work with the Paranaíba River basin, as it stands out as the second largest unit in the Paraná Hydrographic Region and totals a drainage area of 222.6 thousand km<sup>2</sup>. With regard to its location in the central region of Brazil, it occupies around 2.6% of the national territory, besides including the states of Goiás with 63.3%, Mato Grosso do Sul with 3.4% and Minas Gerais 31, 7%, in addition to the Federal District with 1.6%, totaling 197 municipalities, in addition to the Federal District. In relation to the proposal of analysis of land use change and occupation, the mappings for the periods of 1985, 2003 and 2013 were elaborated, following the following divisions of classes of use and occupation of the soils, being they, Bodies of Water, Urban Influence, Mineral Influence, Forestry, Pasture, Natural Vegetation and Agriculture, where it can be seen the expansion of some categorized classes. Precipitation data for the period from 1975 to 2013 totaling a historical and / or temporal series of 38 years were tabulated and the results referring to the precipitations evaluated in the 21 pluviometric stations analyzed allowed us to understand that the overall mean was equal to 1,466.7 mm, in addition to pointing out the years with the highest annual precipitation index and the lowest annual precipitation index. In relation to the rainfall seasons, the highest annual average is the EP21 Sacramento with 1659.02 mm and with a lower annual average EP14 Buriti Alegre with 1,309.18 mm. In relation to the tabulation of the fluviometric data, 23 stations were used and the historical and / or temporal series adopted for the pluviometric data were also maintained, in which the statistical tests of Mann-Kendall and Wald-Wolfowitz the runs were applied. Tendencies in the maximum, medium and minimum flow regimes, in order to do so, it was observed that there is a higher occurrence of trend-setting scenarios for the maximum flow regimes that presented a higher reference to the TNSQ non-significant fall tendency indicator, although 23 records were found for The flow regimes when they were analyzed for the general period of the sample being from 1975 to 2013, there was greater representativeness when there was the fragmentation in sub periods being these 1975 to 1985, 1985 to 2003 and 2003 to 2013, thus, it was possible to verify that The analysis for larger time periods has hidden tendential scenarios. Using the Wald-Wolfowitz test as a tool to verify the consistency of the Mann-Kendall test, it is confirmed that the Mann-Kendall test has greater expressiveness to be used in detecting scenarios trends in flow regimes. The analysis between the rainfall and flow data allowed to estimate the flow data for the fluviometric stations and then the calculation of the anthropic transformation index for the entire Paranaíba River Basin - Brazil.

**KEY WORDS:** Soil use and occupation, Trend scenario, Flow regimes, Climatic hydrology, geography, watershed of the Paranaíba River.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Possíveis atividades antrópicas proporcionando alterações nos padrões de vazões. .....	<b>40</b>
<b>Figura 2</b> - Simulação Sistêmica em uma Bacia Hidrográfica .....	<b>43</b>
<b>Figura 3</b> Série temporal com previsões de origem t e horizontes de previsão iguais a um, dois e h passos à frente. ....	<b>49</b>
<b>Figura 4</b> - Mínimos Quadrados. ....	<b>53</b>
<b>Figura 5</b> - Ciclo iterativo de Box-Jenkins.....	<b>59</b>
<b>Figura 6</b> - Aplicação dos métodos de análise de séries temporais em bacia hidrográficas. ....	<b>60</b>
<b>Figura 7</b> - Datas das imagens do satélite <i>Landsat5</i> sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. .....	<b>69</b>
<b>Figura 8</b> - Datas e órbita/ponto das imagens do satélite <i>Landsat5</i> para o mapeamento do uso e ocupação dos solos em 2003 para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>70</b>
<b>Figura 9</b> - Datas e órbita/ponto das imagens do satélite <i>Landsat8</i> para o mapeamento do uso e ocupação dos solos em 2013 para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>74</b>
<b>Figura 10</b> - Cenas TM/ <i>Landsat5</i> que cobrem a área da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. .....	<b>76</b>
<b>Figura 11</b> - Sítio eletrônico do Sistema de informações hidrológicas (HIDROWEB) da ANA utilizado para aquisição dos dados pluviométricos e fluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>79</b>
<b>Figura 12</b> - Sistema Hidros versão 1.2.1.291 (HIDROWEB, 2017) utilizado para parte inicial do tratamento dos dados pluviométricos e fluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>80</b>
<b>Figura 13</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Localização dos postos de dados Fluviométricos adotados para análise estatística.....	<b>82</b>
<b>Figura 14</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Localização das estações pluviométricas.	<b>84</b>
<b>Figura 15</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, Localização (2013). ....	<b>89</b>
<b>Figura 16</b> - Síntese cronológica de ocupação da bacia do Rio Paranaíba .....	<b>91</b>
<b>Figura 17</b> – Província do Tocantins, Mapa Geológico (1992). ....	<b>98</b>
<b>Figura 18</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Embasamento Geológico / Estrutural. ....	<b>100</b>
<b>Figura 19</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Principais Sistemas de Aquíferos. ....	<b>102</b>
<b>Figura 20</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Características Geomorfológicas. ....	<b>105</b>

<b>Figura 21</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Características Hipsométricas.....	<b>107</b>
<b>Figura 22</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Mapa das Declividades.....	<b>109</b>
<b>Figura 23</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Mapa das distribuições das temperaturas médias anuais.....	<b>112</b>
<b>Figura 24</b> - Comportamento das precipitações mensais ao longo do ano na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>115</b>
<b>Figura 25</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Mapa das precipitações médias anuais. .	<b>116</b>
<b>Figura 26</b> - Bacia do Rio Paranaíba: Principais Classes Pedológicas (2016).....	<b>118</b>
<b>Figura 27</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Aptidão Agrícola (2011).....	<b>120</b>
<b>Figura 28</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Biomas Cerrado e Mata Atlântica (2010). .....	<b>124</b>
<b>Figura 29</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Divisão dos Afluentes.....	<b>126</b>
<b>Figura 30</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Divisão das Unidades de Gestão Hídricas. .....	<b>127</b>
<b>Figura 31</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Organização das Unidades de Planejamento Hídricas. ....	<b>129</b>
<b>Figura 32</b> - Relação entre as UPHs e as UGHs da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ...	<b>130</b>
<b>Figura 33</b> - Relação dos Pontos de Controle na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>131</b>
<b>Figura 34</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos em 1985.....	<b>136</b>
<b>Figura 35</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos, com os limites das bacias afluentes em 1985.....	<b>137</b>
<b>Figura 36</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos em 2003.....	<b>142</b>
<b>Figura 37</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos com limite das bacias afluentes em 2003.....	<b>143</b>
<b>Figura 38</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos em 2013.....	<b>146</b>
<b>Figura 39</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos com limite das bacias afluentes em 2013.....	<b>147</b>
<b>Figura 40</b> - Curvas da vazão mínima, média e máxima no período de 1975 a 2013 das Estações Fluviométricas EF01 até a EF012 da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>162</b>
<b>Figura 41</b> - Curvas da vazão mínima, média e máxima no período de 1975 a 2013 das Estações Fluviométricas EF13 até a EF23 da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>163</b>
<b>Figura 42</b> - Registro de Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Estações Fluviométricas de EF01 a EF12 durante o Período de 1975 a 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ..	<b>165</b>

<b>Figura 43</b> - Registro de Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Estações Fluviométricas de EF13 a EF23 durante o Período de 1975 a 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. .	<b>166</b>
<b>Figura 44</b> - Registro das Vazões Máximas, Médias e Mínimas Diárias das Estações Fluviométricas de EF01 a EF12 durante o Período de 1975 a 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>167</b>
<b>Figura 45</b> - Registro das Vazões Máximas, Médias e Mínimas Diárias das Estações Fluviométricas de EF13 a EF23 durante o Período de 1975 a 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>168</b>
<b>Figura 46</b> - Relações causais possíveis entre a vazão máxima e as classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>201</b>
<b>Figura 47</b> - Relações causais possíveis entre a vazão média e as classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>202</b>
<b>Figura 48</b> - Relações causais possíveis entre a vazão mínima e as classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>202</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Classificação dos Graus de Porosidade dos Aquíferos da Bacia do Rio Paranaíba. ....	<b>101</b>
<b>Quadro 2</b> - Subdivisão Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>104</b>
<b>Quadro 3</b> - Subdivisão Hipsométrica da Bacia Hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>106</b>
<b>Quadro 4</b> - Subdivisão da declividade existente na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. .	<b>108</b>
<b>Quadro 5</b> – Informações sobre o balanço hídrico climatológico na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (1973-2011). ....	<b>113</b>
<b>Quadro 6</b> - Relação dos Estações Fluviométricas da ANA utilizadas para a análise estatística da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>161</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Climograma da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba (1973-2011). ....	<b>111</b>
<b>Gráfico 2</b> - Extrato mensal do balanço hídrico climatológico na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (1973-2011). ....	<b>114</b>

<b>Gráfico 3</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Índices Percentuais (%) de Ocupação - Mapeamento (1985).....	<b>139</b>
<b>Gráfico 4</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Estimativas de Perdas e Ganhos em Área (Km <sup>2</sup> ) entre os Mapeamentos de 1985 e 2003.....	<b>141</b>
<b>Gráfico 5</b> - Estimativas de Perdas e Ganhos em Área (Km <sup>2</sup> ) entre os Mapeamentos de 1985 e 2003.....	<b>148</b>
<b>Gráfico 6</b> - Média, mediana, moda, 1º quartil, 3º quartil e valores mínimo, médio e máximo das precipitações anuais que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1975 a 2013.....	<b>152</b>
<b>Gráfico 7</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Histograma de distribuição das precipitações anuais para o período de 1975 a 2013.....	<b>153</b>
<b>Gráfico 8</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Histograma de distribuição das precipitações anuais para as estações pluviométricas durante o período de 1975 a 2013.....	<b>155</b>
<b>Gráfico 9</b> – Média, mediana, moda, 1º quartil, 3º quartil e valores mínimo, médio e máximo das vazões máximas anuais que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1975 a 2013.....	<b>157</b>
<b>Gráfico 10</b> - Média, mediana, moda, 1º quartil, 3º quartil e valores mínimo, médio e máximo das vazões médias anuais que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1975 a 2013.....	<b>158</b>
<b>Gráfico 11</b> - Média, mediana, moda, 1º quartil, 3º quartil e valores mínimo, médio e máximo das vazões mínimas anuais que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1975 a 2013.....	<b>159</b>
<b>Gráfico 12</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão média para o período de 1975 a 2013 através do teste de Mann-Kendall.....	<b>176</b>
<b>Gráfico 13</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão média para o subperíodo de 1975 a 1985 através do teste de Mann-Kendall.....	<b>177</b>
<b>Gráfico 14</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão média para o subperíodo de 1985 a 2003 através do teste de Mann-Kendall.....	<b>178</b>
<b>Gráfico 15</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão média para o subperíodo de 2003 a 2013 através do teste de Mann-Kendall.....	<b>180</b>
<b>Gráfico 16</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão mínima para o período de 1975 a 2013 através do teste de Mann-Kendall.....	<b>182</b>
<b>Gráfico 17</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão mínima para o subperíodo de 1975 a 1985 através do teste de Mann-Kendall.....	<b>183</b>

<b>Gráfico 18</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão mínima para o subperíodo de 1985 a 2003 através do teste de Mann-Kendall.....	<b>184</b>
<b>Gráfico 19</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão mínima para o período de 2003 a 2013 através do teste de Mann-Kendall.....	<b>185</b>
<b>Gráfico 20</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise categórica por número de ocorrência através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para o período de 1975 a 2013.....	<b>187</b>
<b>Gráfico 21</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise categórica por número de ocorrência tendencial através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para o período de 1975 a 1985.....	<b>188</b>
<b>Gráfico 22</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise categórica por número de ocorrência tendencial através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para o período de 1985 a 2003.....	<b>189</b>
<b>Gráfico 23</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise categórica por número de ocorrência tendencial através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para o período de 2003 a 2013.....	<b>189</b>
<b>Gráfico 24</b> - Comparativo entre os índices percentuais de precipitação para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>196</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Período de retorno admitido para diferentes obras hidráulicas.....	<b>30</b>
<b>Tabela 2</b> - Possíveis transformações que podem ocorrer no uso e ocupação e seus impactos sobre o escoamento superficial.....	<b>39</b>
<b>Tabela 3</b> - Síntese da caracterização dos modelos hidrológicos.....	<b>45</b>
<b>Tabela 4</b> - Probabilidades de valores menores quanto os valores observados de U no teste de Mann-Whitney.....	<b>55</b>
<b>Tabela 5</b> - Valores críticos de U no teste de Mann-Whitney.....	<b>56</b>
<b>Tabela 6</b> - Períodos para os mapeamentos de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>68</b>
<b>Tabela 7</b> - Classes Agrupadas e inseridas em Vegetação Natural para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>71</b>

<b>Tabela 8</b> - Exemplo de uma chave de interpretação utilizado para o mapeamento de cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>72</b>
<b>Tabela 9</b> - Principais combinações de bandas para tratamento computacional para representação em papel.....	<b>72</b>
<b>Tabela 10</b> - Tipos de bandas utilizadas no Projeto TERRACLASS (2013).....	<b>73</b>
<b>Tabela 11</b> - Exemplo de algumas classes adotadas pelo projeto TERRACLASS (2013) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>75</b>
<b>Tabela 12</b> - Exemplo de uma chave de interpretação utilizado para o mapeamento de uso e ocupação dos solos de 1985, relacionado a cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>77</b>
<b>Tabela 13</b> - Tipos de bandas utilizadas no mapeamento do uso e ocupação dos solos no período de 1985 para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>78</b>
<b>Tabela 14</b> - Divisão proposta para análise estatística dos dados fluviométricos e pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>79</b>
<b>Tabela 15</b> - Relação das Estações Fluviométricas da ANA utilizadas para a análise estatística da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>81</b>
<b>Tabela 16</b> –Relação das Estações Pluviométricas da ANA utilizadas para a análise estatística da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>83</b>
<b>Tabela 17</b> - Participação das Unidades Federativas na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>88</b>
<b>Tabela 18</b> - Área ocupada pelas classes de solos mais representativas na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>117</b>
<b>Tabela 19</b> - Classes de aptidão agrícola da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>119</b>
<b>Tabela 20</b> - Subdivisão das Unidades na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>125</b>
<b>Tabela 21</b> - Características das Unidades de Gestão Hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.....	<b>128</b>
<b>Tabela 22</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Quantificação das classes pré-definidas nos mapeamentos nos períodos de 1985, 2003 e 2013.....	<b>133</b>
<b>Tabela 23</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Área (Km <sup>2</sup> ) no Mapeamento (1985).....	<b>135</b>
<b>Tabela 24</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Área (Km <sup>2</sup> ) no Mapeamento (2003).....	<b>139</b>
<b>Tabela 25</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise comparativa entre os Mapeamentos de 1985 e 2003.....	<b>141</b>
<b>Tabela 26</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Área (Km <sup>2</sup> ) ocupada no Mapeamento (2013).....	<b>144</b>

<b>Tabela 27</b> - Evolução temporo-espacial da classe de uso e ocupação dos solos referente a pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>145</b>
<b>Tabela 28</b> - Evolução temporo-espacial da classe de uso e ocupação dos solos referente a agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>148</b>
<b>Tabela 29</b> - Evolução temporo-espacial da classe de uso e ocupação dos solos referente a agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>149</b>
<b>Tabela 30</b> - Evolução temporo-espacial da classe de uso e ocupação dos solos referente a agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>151</b>
<b>Tabela 31</b> - Volume médio precipitado anualmente na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>154</b>
<b>Tabela 32</b> - Volume médio precipitado abaixo da média anual na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>156</b>
<b>Tabela 33</b> - Volume médio precipitado acima da média anual na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>156</b>
<b>Tabela 34</b> - Classificação do índice de tendencial do teste de Mann-Kendall. ....	<b>164</b>
<b>Tabela 35</b> – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima no período de 1975 a 2013. ....	<b>169</b>
<b>Tabela 36</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classificação percentual do índice tendencial do método de Mann-Kendall 1975 - 2013. ....	<b>170</b>
<b>Tabela 37</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima no subperíodo de 1975 a 1985. ....	<b>171</b>
<b>Tabela 38</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classificação percentual do índice tendencial do método de Mann-Kendall 1975-1985. ....	<b>172</b>
<b>Tabela 39</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima no subperíodo de 1985 a 2003. ....	<b>173</b>
<b>Tabela 40</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classificação percentual índice tendencial do teste de Mann-Kendall 1985-2003. ....	<b>173</b>
<b>Tabela 41</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima no subperíodo de 2003 a 2013. ....	<b>174</b>
<b>Tabela 42</b> - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classificação percentual índice tendencial do teste de Mann-Kendall 2003-2013. ....	<b>175</b>
<b>Tabela 43</b> - Aplicabilidade do teste de Mann-Kendall para os registros de Vazão Média para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>179</b>

<b>Tabela 44</b> - Aplicabilidade do teste de Mann-Kendall para os registros de Vazão Mínima para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>186</b>
<b>Tabela 45</b> - Análise comparativa entre o método de Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall (Vazão Máxima) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>191</b>
<b>Tabela 46</b> – Cenário Tendencial de Vazão Máxima para os Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall e a Compatibilidade entre os dois testes para cada período para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>192</b>
<b>Tabela 47</b> - Análise comparativa entre o método de Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall (Vazão Média) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>193</b>
<b>Tabela 48</b> – Cenário Tendencial de Vazão Média para os Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall e a Compatibilidade entre os dois testes para cada período para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>194</b>
<b>Tabela 49</b> - Análise comparativa entre o método de Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall (Vazão Média) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>195</b>
<b>Tabela 50</b> - Vazão calculada através da média da precipitação 1975 a 2013 para cada estação fluviométrica da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>198</b>
<b>Tabela 51</b> – Pesos para as classes de uso e ocupação dos solos para a aplicação do ITA para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>199</b>
<b>Tabela 52</b> – Resultados do ITA para os mapeamentos de uso e ocupação do solo de 1985, 2003 e 2013 da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	<b>200</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

$C_t$  – Ciclo;  
 $Q_{100}$  - Tempo de retorno de 100 anos;  
 $Q_m$  - Vazão média de longo período;  
 $Q_{mc}$  - Estimativa de retorno de dois anos;  
 $S_t$  - Sazonalidade;  
 $T_t$  – Tendência;  
 $r_{100}$  - Escoamento no leito menor com a capacidade de inundação do vale;  
 $r_{mc}$  - Intensidade das enchentes;  
 $\epsilon_t$  – Variações aleatórias;  
ANA – Agência Nacional das Águas;  
AR (p) - Modelos autorregressivos;  
ARIMA (p, d, q) - Modelos autorregressivos integrados e de média móvel;  
ARMA (p, q) - Modelos autorregressivos e de médias móveis;  
Aw – Clima Tropical de Savana;  
CBH - Paranaíba – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba;  
DF – Distrito Federal;  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética;  
GO – Goiás;  
Hidro1.2 – Sistema de Informação Hidrológicas Versão 1.2;  
Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas;  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;  
ITA – Índice de transformação Antrópico;  
 $Km^2$  - Quilômetros quadrados;  
 $M^3/s$  – metros cúbicos por segundo;  
MA (q) - Modelos de médias móveis;  
MG – Minas Gerais;  
MS - Mato Grosso do Sul  
CHs – Centrais Hidrelétricas;  
N - Número total de dados;  
P - Probabilidade de não exceder;  
PRHBP – Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Paranaíba;  
PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira;  
Q – Vazão média ou mínima em  $m^3/s$ ;  
T - Período de retorno;  
TERRACLASS - Monitoramento da dinâmica do uso e da cobertura da terra no Cerrado  
UGH – Unidade de Gestão Hídrica;  
UHEs – Usina hidrelétricas;  
USGS - The United States Geological Survey;  
Z – Série Temporal;  
A - Área de drenagem da bacia hidrográfica  $Km^2$ .

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
1.1	OBJETIVOS .....	23
1.1.1	Objetivo Geral .....	23
1.1.2	Objetivos Específicos .....	23
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	24
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO I – USO DOS SOLOS E VAZÕES.....</b>	<b>26</b>
2.1	REGIME HIDROLÓGICO E FORMAÇÃO DAS VAZÕES.....	27
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA VAZÃO MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA .....	29
2.2.1	Características da Vazão Máxima .....	29
2.2.2	Características da Vazão Média .....	31
2.2.3	Características da Vazão Mínima.....	34
2.3	DINÂMICAS DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS E SEUS REFLEXOS NAS VAZÕES.....	36
2.4	MODELAGEM HIDROLÓGICA .....	41
2.5	CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS HIDROLÓGICOS .....	44
2.6	MODELOS DE SÉRIES HISTÓRICAS E/OU TEMPORAIS .....	46
2.6.1	Teste de Cox-Stuart .....	51
2.6.2	Teste de Fisher.....	52
2.6.3	Regressão Linear Simples .....	52
2.6.4	Teste Mann-Whitney .....	54
2.6.5	Modelos de Box & Jenkins.....	57
2.6.5.1	Modelo Autorregressivo.....	61
2.6.5.2	Modelo MA (Moving Average).....	62
2.6.5.3	Modelo ARMA (Autorregressive Moving Average).....	62
2.6.5.4	Modelos SARIMA (Autorregressivos integrados de médias móveis sazonais).....	63
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>65</b>
3.1	MATERIAIS.....	65
3.2	ELABORAÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO.....	66
3.3	AQUISIÇÃO DOS DADOS PARA O GEORREFERENCIAMENTO .....	67
3.3.1	Elaboração do mapa de uso e ocupação dos solos do ano de 2003 (PROBIO)....	68
3.3.2	A base de dados do TERRACLASS para o mapeamento de uso e ocupação dos solos 2013 .....	73
3.3.3	A base de dados para o mapeamento de uso e ocupação dos solos em 1985.....	76
3.4	SELEÇÃO DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS DA REDE DE MONITORAMENTO DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA).....	78
3.5	SELEÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA REDE DE MONITORAMENTO DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) .....	83

3.6	ANÁLISE TENDENCIAL DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS PELO MÉTODO DE MANN-KENDALL .....	85
3.7	ANÁLISE TENDENCIAL DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS PELO TESTE DE WALD-WOLFOWITZ (RUNS TEST) .....	86
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>88</b>
4.1	LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA, BRASIL .....	88
4.2	BREVE RELATO DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA.....	90
4.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA ESTRUTURA / EMBASAMENTO GEOLÓGICO .....	97
4.4	SISTEMAS DE AQUÍFEROS .....	101
4.5	GEOMORFOLOGIA.....	103
4.6	HIPSOMETRIA: ASPECTOS GERAIS.....	106
4.7	DECLIVIDADE: ASPECTOS GERAIS.....	108
4.8	CLIMA: CARACTERIZAÇÃO.....	110
4.9	CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA .....	117
4.10	APTIDÃO PARA AGRICULTURA .....	119
4.11	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO BIÓTICO .....	121
4.12	HIDROGRAFIA E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	125
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>132</b>
5.1	USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA: UMA ANÁLISE TEMPORO-ESPACIAL (1985 – 2013).....	132
5.2	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA: MAPEAMENTO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DE 1985.....	134
5.3	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA: MAPEAMENTO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DE 2003.....	138
5.4	ANÁLISE COMPARATIVA DE PERDA E GANHO DE ÁREAS COM RELAÇÃO AOS MAPEAMENTOS DE 1985 E 2003.....	140
5.5	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA: MAPEAMENTO USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DE 2013.....	144
5.6	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A EVOLUÇÃO DOS MAPEAMENTOS DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DURANTE O PERÍODO PROPOSTO.....	145
5.7	ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA.....	151
5.7.1	Estatística descritivas das precipitações da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. ....	152
5.7.2	Chuva média anual para cada ano do período .....	153
5.7.3	Precipitação média anual em cada estação pluviométrica.....	155
5.8	ANÁLISES FLUVIOMÉTRICAS PARA OS REGIMES DE VAZÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA .....	156
5.8.1	Estatística Descritiva dos dados da vazão na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba .	157

5.8.2	Análise do comportamento da vazão mínima, média e máxima .....	160
5.9	CENÁRIO TENDENCIAL NOS REGIMES DE VAZÃO.....	164
5.9.1	Cenário tendencial da vazão de máxima no período de 1975 a 2013.....	169
5.9.1.1	Cenário tendencial da Vazão de Máxima no subperíodo de 1975 a 1985 .....	170
5.9.1.2	Cenário tendencial da Vazão Máxima no subperíodo de 1985 a 2003 .....	172
5.9.1.3	Cenário tendencial da vazão máxima no subperíodo de 2003 a 2013 .....	173
5.9.2	Cenário tendencial da Vazão Média no período de 1975 a 2013 .....	175
5.9.2.1	Cenário tendencial da Vazão Média no subperíodo de 1975 a 1985 .....	176
5.9.2.2	Cenário tendencial da Vazão Média no subperíodo de 1985 a 2003 .....	177
5.9.2.3	Cenário tendencial da Vazão Média no subperíodo de 2003 a 2013 .....	180
5.9.3	Cenário tendencial da Vazão Mínima no período de 1975 a 2013.....	181
5.9.3.1	Cenário tendencial da Vazão Mínima no subperíodo de 1975 a 1985.....	182
5.9.3.2	Cenário tendencial da Vazão Mínima no subperíodo de 1985 a 2003.....	183
5.9.3.3	Cenário tendencial da Vazão Mínima no subperíodo de 2003 a 2013.....	184
5.10	ANÁLISE CATEGÓRICA POR NÚMERO DE OCORRÊNCIA TENDENCIAL ATRAVÉS DO TESTE DE MANN-KENDALL PARA OS REGIMES DE VAZÃO MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA.....	187
5.11	ANÁLISE TENDENCIAL PROPOSTA POR WALD–WOLFOWITZ “RUNS TEST”.....	190
5.11.1	Análise comparativa para o regime tendencial de Vazão Máxima .....	190
5.11.2	Análise comparativa para o regime tendencial de Vazão Média.....	192
5.11.3	Análise comparativa para o regime tendencial de Vazão Mínima .....	194
5.12	ANÁLISE ENTRE OS DADOS DE VAZÃO E PRECIPITAÇÃO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA .....	195
5.13	APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA NA ANÁLISE TEMPORO-ESPACIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA .....	198
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	203
7	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	206

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, busca-se um novo repensar sobre a crescente preocupação existente quanto ao preservar, conservar e utilizar os recursos naturais. Embora tem-se pautado muitas vezes na capacidade regenerativa do meio físico, sem levar em consideração que a mesma é lenta e extremamente limitada.

E nesse enfoque cada vez mais preservacionista e/ou conservacionista onde deve-se avaliar os recursos naturais, buscando sempre compreender o todo e não o contemplar de forma segmentada. Tendo sempre a consciência que os recursos naturais formam então a base para a própria existência do homem e, sinteticamente são representados através do ar, do solo, da rocha, da água e da vegetação e não se deve deixar de lado as possíveis correlações que podem existir entre estes fatores.

Entre os recursos naturais o elemento água é o que possui um valor altamente imensurável para as sociedades, pois trata-se de um valor que é estimado primeiramente devido a sua finitude, e posteriormente vem a ser aplicado quanto a sua presença tão marcante em todas as atividades necessárias para a existência da vida no planeta.

Faz-se então necessário diferenciar o vocábulo água, da expressão que será utilizada; recurso hídrico, embora sejam tratados como sinônimos na literatura acadêmica. O termo água faz referência ao recurso natural e de domínio público, não apresentando uso, aplicabilidade ou destino, já ao recurso hídrico deve ser compreendido como bem econômico e utilizável para tal fim (POMPEU, 2006; BICUDO e BICUDO, 2008).

Mantendo o foco direcionado aos recursos hídricos, acredita-se que para evitar possíveis catástrofes, os caminhos a serem seguidos englobam a compreensão das variáveis envolvidas na dinâmica do ciclo hidrológico, e então posteriormente formular estratégias que sejam capazes de proporcionar o equilíbrio entre os meios econômico, ambiental e social.

Um exemplo, que pode então ser abordado de forma clara e por isso tem se tornado comum em quase todas as regiões do planeta, é encontrado através dos contrastes existentes entre a demanda excessiva pelo consumo exagerado dos recursos hídricos, e por outro lado, pode ser visto através das características acerca da disponibilidade de água existentes em cada bacia hidrográfica.

No entanto, observa-se que há uma crescente preocupação com relação aos recursos hídricos principalmente voltada aos padrões quantitativos e qualitativos da água, pois somente assim, garante-se o direito a se ter água tanto em quantidade e em qualidade necessária para a própria subsistência humana.

Embora, o que se tem evidenciado e em grande parte vem sendo divulgado tanto no meio acadêmico, quanto através das diversas fontes de informação é que se tem caminhado em direção a uma situação caótica e de total desrespeito, tanto por parte do próprio homem como por parte dos seus governantes.

Amplia se cada vez mais a responsabilidade social sobre os recursos hídricos, visto que as ações do ser humano tendem a se propagar por toda extensão superficial e/ou subsuperficial da bacia hidrográfica e, ressalta-se que as responsabilidades sociais, econômicas e ambientais caminham juntas quando são voltadas para as técnicas que têm sido empregadas durante os processos históricos que provocam mudanças no uso e ocupação dos solos em determinada bacia hidrográfica.

Destaca-se neste enfoque avaliativo a capacidade de se distinguir os reflexos negativos quanto a evolução temporo-espacial aplicada aos recursos hídricos. Permitindo conferir os vários efeitos sofridos na análise das áreas das drenagens e, portanto, se os mesmos alteram significativamente as características naturais desses recursos. E com base nos resultados dos conhecimentos adquiridos poder então chegar as principais causas dos impactos e, a partir do conhecimento adquirido poder então contemplar a bacia hidrográfica como um todo (QUEIROZ, *et al.* 2010).

Portanto a análise através de variáveis hidrológicas, como a precipitação e seus reflexos nos regimes de vazões máxima, média e mínima, que são diariamente registradas em postos /ou estações pluviométricas ou fluviométricas, formando o conjunto de registros de dados de cada estação, permitindo a construção de séries históricas e/ou temporais.

Hoje em dia, percebe-se que há também uma enorme contextualização com relação ao gerenciamento dos recursos hídricos, voltada em desenvolver estratégias de planejamento que garanta o manejo integrado da bacia hidrográfica e dos recursos hídricos de forma sustentável. Sendo assim, cabe sempre avaliar o comportamento das precipitações e dos regimes de vazões, para que assim, se possa realizar um estudo voltado para o gerenciamento e que venha atender aos usos múltiplos dos recursos hídricos como forma de abastecimento, a agricultura, a hidroeletricidade, a atividades industriais, ao saneamento urbano, entre outros.

Diante desta variabilidade contextual, a pesquisa se desenvolveu fazendo o uso de ferramentas voltadas diretamente para as análises estatísticas e para as análises hidrológicas, com o intuito de compreender como as susceptíveis alterações ao meio físico, vieram ou não a produzir algumas variações no regime fluvial de vazão máxima, média e mínima durante o processo de uso e ocupação dos solos. Para tanto o período determinado foi metodologicamente pré-estabelecido, ficando assim, compreendido entre os meses de janeiro de 1975 a dezembro

de 2013, por se tratar de um período historicamente caracterizado de expansão antrópica, econômica e política da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

Por meio dos resultados destes estudos, buscou-se fornecer uma possível ferramenta de auxílio quanto a análise tendencial de vazão, bem como apresentar os reflexos produzidos nesta dinâmica, mediante a evolução das técnicas de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Para tanto percebe-se que existem inúmeras técnicas sendo usadas para diagnosticar tendências e/ou variações hidrometeorológicas, especialmente com relação aos dados relacionados a precipitação e aos regimes de vazão máxima, média e mínima, e são fatores estes que estão diretamente envolvidos nas variabilidades climáticas e despertam o interesse das técnicas estatísticas, entre elas destacam-se os testes de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz também chamado de *run test*.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O presente estudo tem por objeto geral analisar a mudança no uso dos solos e comportamento das vazões máximas, médias e mínimas na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba – Brasil, durante o período compreendido entre os anos de 1975 a 2013, bacia esta interestadual, que abrange os estados de Minas Gerais (MG), Goiás (GO), Mato Grosso do Sul (MS) e o Distrito Federal (DF).

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Visando atender o objetivo geral proposto no presente estudo, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Discutir as dinâmicas de uso e ocupação dos solos no processo de formação dos regimes de vazão máxima, média e mínima, bem como a diversidade de modelos estatísticos que podem vir a serem aplicados;
- Elaborar uma série de documentos cartográficos com informações fundamentais para melhor compreensão das mudanças de uso e ocupação dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, confeccionados na escala cartográfica 1:250.000, referentes ao período de janeiro de 1975 ao final de dezembro de 2013;

- Analisar qualitativamente e estatisticamente através dos métodos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz (*the runs test*), utilizando o intermédio de cenários tendenciais, o comportamento dos regimes de vazão máxima, média e mínima, ao longo do período de 38 anos, entre janeiro de 1975 ao final de dezembro de 2013;
- Calcular o índice de transformação antrópico e elaborar os diagramas causais qualitativos que podem ser aplicados aos regimes de vazões máxima, média e mínima para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, durante a série histórica e/ou temporal analisada.

## 1.2 Estrutura da Dissertação

Após definidas as considerações iniciais e os objetivos propostos para a pesquisa no capítulo 1 que faz parte da “Introdução”, no capítulo 2 que foi intitulado “Uso dos Solos e Vazões”, discute-se a importância do regime hidrológico no contexto da bacia hidrográfica, avaliando as formas de entrada mediante as precipitações e como as mesmas escoam formando os regimes de vazões.

Neste capítulo, preocupou-se também em caracterizar os regimes de vazão máximo, médio e mínimo, destacando sua importância dentro do contexto, social, político e ambiental, onde foi também apresentado as dinâmicas existentes quando ao uso e ocupação dos solos e seus reflexos na formação dos regimes de vazões.

No capítulo 2, foram discutidas conceitualmente as questões pertinentes a modelagem hidrológica e suas aplicações voltadas ao trabalho em séries históricas e/ou temporais e sendo assim, foram apresentados alguns dos modelos estatísticos paramétricos e não paramétricos de maior aplicabilidade para estes processos.

O capítulo 3 denominado “Procedimentos Metodológicos”, tratou-se de apresentar todas as etapas metodológicas e conceituais adotadas para o desenvolvimento da pesquisa, e que vão desde a elaboração dos bancos de dados referenciais das séries históricas e/ou temporais pluviométricas e fluviométricas, como do banco de dados de imagens de satélites para os georreferenciamentos.

No capítulo 3, descreve também as etapas dos processos adotados para a elaboração dos mapeamentos de uso e ocupação dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba para os anos de 1985, 2003 e 2013. Neste capítulo, buscou também abranger quanto a seleção dos modelos estatísticos adotados para a análise tendencial ficando determinados os modelos

cabíveis para o desenvolvimento do presente estudos os modelos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz *the runs*.

Para o capítulo 4, ficou determinado o título de “Caracterização da Área de Estudo” que objetiva indicar e descrever desde a localização da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba e, apresentar as principais características físicas da bacia. Para tanto foram adotadas algumas características como: ocupação, geológica, aquíferas, geomorfológicas, hipsométricas, declividades, clima, pedológicas, aptidões agrícolas, bióticas e hidrográficas voltadas a gestão dos recursos hídricos.

O capítulo 5, recebe o título de “Resultados” e, traz as principais análises e discussões encontradas, apresentando inicialmente uma análise sobre o uso e ocupação dos solos na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, onde com os devidos mapeamentos de uso e ocupação dos solos para os anos de 1985, 2003 e 2013, foi possível efetuar uma análise qualitativa e quantitativa sobre as mudanças ocorridas nas classes adotadas para os solos buscando entender as dinâmicas existentes. Em seguida foi elaborada uma caracterização dos dados pluviométricos e fluviométricos da série histórica e/ou temporal de 38 anos, buscando então compreender a dinâmica das precipitações e das vazões máximas, média e mínimas.

No capítulo 5, apresenta a caracterização estatística dos cenários tendenciais de vazão máxima, média e mínima através dos métodos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz “*the runs*”, bem como a análise comparativa entre os métodos estatísticos propostos. Buscou-se analisar uma possível correlação entre os dados de precipitação e os dados de vazão, buscando através da análise dos dados de precipitação estimar o regime de vazão para cada estação fluviométrica avaliada. A riqueza existente nos dados permitiu que fossem os índices de transformação antrópica ITA e para finalizar fossem elaborados os diagramas conceituais para os regimes de vazões que se aplicam a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

Finalmente, são apresentadas algumas considerações acerca da pesquisa no capítulo 6 e o capítulo 7 ficou a cargo de apresentar todo o referencial bibliográfico utilizado para o desenvolvimento da presente dissertação.

## 2 USO DOS SOLOS E VAZÕES

De acordo com Pissara (1988) e Rocha *et al.* (2000) toda abordagem acerca do conceito de bacia hidrográfica deve ser tratada de forma minuciosa independentemente da escala de abordagem (área física) e, por meio do conhecimento referente as correlações existentes quanto as variáveis que compõem a paisagem desta bacia hidrográfica, a mesma deve ser adotada e, portanto, respeitada pelo homem e sendo assim contemplada como unidade de planejamento ambiental.

Nesse contexto, a bacia hidrográfica tratada como unidade de planejamento ambiental, ou seja, vista como uma unidade de manutenção para a vida como um todo, e sendo assim, é de suma importância gerir de forma sustentável os recursos hídricos que compõem toda a rede da bacia hidrográfica, de forma que se mantenha sempre a preocupação com as condições de apropriação pelo homem sobre esse recurso. Tal forma de pensar tem evoluído nas últimas décadas, e ganhado ênfase principalmente no meio acadêmico, para tanto, é notória a crescente discussão sobre temas pertinentes a padrões de qualidade e de quantidade dos padrões que envolvam a água, ou abordagens referentes a temática voltada para a prevenção e solução de impactos que vem sofrendo o meio ambiente como um todo (SOUZA, 2015).

Ferreira (2012) avalia a importância em se compreender os modelos hidrológicos, em que todas as relações devem ser analisadas, possibilitando graus assertivos e prognósticos mais coesos sobre a avaliação de propostas. O mesmo autor *op. cit.* afirma que:

[...] as bacias hidrográficas, são tratadas, na maioria das situações, como sendo fisiograficamente homogêneas. Alguns levam em consideração apenas os atributos topográficos, normalmente computados a partir de modelos numéricos. A maioria dos inventários de recursos hídricos não incorpora a essência dos processos naturais e antrópicos, às vezes mencionando-os apenas para cumprir formalidades. As especificidades naturais e socioeconômicas existentes no interior das bacias devem ser melhor avaliadas e efetivamente consideradas, o que pode revelar novos caminhos rumo a melhores graus de acertos quanto aos prognósticos e demais aspectos comumente contemplados nos Planos de Recursos Hídricos.

Assim, compreender a dinâmica envolvida entre as técnicas de uso e ocupação de uma bacia hidrográfica, juntamente com a correlação dos fatores envolvidos no ciclo hidrológico e, como esse resultado interfere nos regimes de vazão máxima, média e mínima, vem fazendo despertar o interesse acadêmico em diversos setores do conhecimento (Santos *et al.*, 2010). Todavia, quando o meio antrópico efetua alguma ação que causa consequências ao meio natural, a potencialização de efeitos benéficos aos recursos hídricos tende a crescer de forma descontrolada. (SILVA *et al.*, 2007; TATSCH, 2011).

## 2.1 Regime Hidrológico e Formação das Vazões

Vem aumentando os níveis de preocupações acerca dos impactos que abrangem tanto a ordem natural, quanto a ordem antrópica no que se refere ao manejo adequado dos recursos hídricos (Kobiyama *et al.*, 2010). Para tanto, é de suma importância conhecer e compreender as variáveis que formam o regime hidrológico e as vazões resultantes deste processo, bem como o seu comportamento dentro do contexto da bacia hidrográfica.

Já Araújo & Rocha (2010) apontam que entender o regime hidrológico ou os componentes que o envolvem trazem resultados tanto qualitativos como quantitativos de forma imediata, o que vem a permitir o desenvolvimento processual capaz de resultar em medidas eficazes para a preservação dos recursos hídricos. Nesta abordagem Pruski (2004), também destaca a importância do ciclo hidrológico voltado para as características climatológicas da região de sua ocorrência, afirmando que estas variáveis climatológicas são também fatores determinantes das condições de disponibilidade hídrica.

De acordo com Tundisi, (2000) ressalta-se os principais fatores que são capazes de dinamizar o ciclo hidrológico sendo estes a energia proveniente do sol, os ventos e a força gravitacional, já os diversos movimentos realizados pelas águas são caracterizados por Silveira (2012) como sendo a precipitação, a interceptação, a evaporação, a evapotranspiração, os escoamentos superficiais e subterrâneos e, sendo assim, a análise desses comportamentos se contemplam então nas bacias hidrográficas.

Por meio dessas abordagens, Von Sperling (2007) buscou definir a bacia hidrográfica, como sendo uma unidade fisiográfica caracterizada pelos seus divisores topográficos, tendo a função de drenar a água das precipitações pelos seus afluentes até o seu rio principal ou exutório.

Enquanto Silveira (2012), tratou de definir a bacia hidrográfica com sendo o meio físico, caracterizado pela entrada de água que é dado através do volume definido pela quantidade de chuva. Já a sua saída, é caracterizada pela quantidade de água que passa pelo exutório da bacia. Os valores intermediários devem também ser considerado, pois retratam as perdas que ocorrem tanto na infiltração profunda ou nos processos de evaporação e evapotranspiração.

Diversas definições foram agregadas ao conceito de bacia hidrográfica como por exemplo o conceito de bacia de drenagem, que aborda a bacia hidrográfica através de uma visão quanto a superfície geográfica, sendo condutora de sedimentos e substâncias produzidas pela água da precipitação e que são transportados pelos afluentes até o rio principal (GRANELL

PÉREZ, 2004).

Já autores como Lima (1996) e Lima & Zakia (2000) adotaram uma abordagem sistêmica, classificando a bacia hidrográfica através das características geomorfológicas da definindo-a assim como um sistema aberto e, nessa visão, a entrada no sistema ocorrem mediante as precipitações e as perdas de energia são feitas através do escoamento superficial e subterrâneo.

Enquanto Araújo & Rocha (2010), buscaram definir bacia hidrográfica como unidade referente ao estudo e, com isso, deve-se propor avaliar o balanço de energia e matéria, assim, (*input – output*), de forma que seja desconsiderado as perdas sofridas através dos processos de evapotranspiração e infiltração. E nesse grau de abordagem, as águas que chegam aos recursos fluviais são vistas como sendo o resultado das precipitações e a saída é tida pelo próprio escoamento superficial (*runoff*) da bacia hidrográfica.

Portanto, através desse grau de abordagem sistêmica proposta por Manning (1997), permitiu uma forma de quantificação matemática, capaz de expressar por meio de uma equação as entradas e saídas de água em uma bacia hidrográfica, desta forma o mesmo autor *op cit.* considerou a precipitação tratando-a como única fonte de entrada de água na bacia hidrográfica e elaborou a equação do balanço hídrico, que pode ser descrita da conforme expressa a equação 1, onde:

$$\text{Evapotranspiração} = \text{Precipitação} - \text{Escoamento} \pm \text{Variação do Armazenamento} \quad (1)$$

Diante dessa argumentação, autores como Chow *et al.*, (1988) e Santos *et al.*, (2010) afirmam que após o início das precipitações a água seguirá caminhos distintos, onde, parte dessa água irá ser interceptada pela vegetação ou qualquer outro tipo de cobertura existente no solo, e assim, a outra parte da água irá infiltrar no solo vindo a abastecer as raízes das formações vegetais e também os aquíferos.

Allen *et al.* (1998) aponta que uma outra parte ficará retida na morfologia da paisagem, ou irá iniciar o escoamento superficial no terreno e, dentre esses fatores, um outro não menos importante, que faz referência ao retorno de uma parcela significativa da água precipitada para a atmosfera que ocorrerá por meio da evapotranspiração.

De acordo com Spohr *et al.* (2009), quanto maior forem as características referentes a evapotranspiração, como a rugosidade dos solos e o percentual de cobertura vegetal, maior será o auxílio na taxa de infiltração da água nos solos e, menor será o escoamento superficial, sendo assim, tais características vêm a refletir diretamente no regime de vazão da bacia hidrográfica.

## 2.2 Caracterização da Vazão Máxima, Média e Mínima

É de fundamental importância a caracterização dos processos de vazão máxima, média e mínima, pois se tratam de processos extremamente importantes para a compreensão da disponibilidade hídrica de uma determinada região. Somente assim, se consegue propor estratégias políticas e administrativas, que sejam voltadas diretamente para a gestão dos recursos hídricos (TUCCI, 2001).

### 2.2.1 Características da Vazão Máxima

O estudo referente as características de vazão máxima, quando associado às características de uso e de ocupação dos solos, permite uma abordagem capaz de ir além das análises que se encontram entre o entendimento das relações humanas e o meio físico. Fatores estes que possibilitam estimar cenários futuros (FERREIRA, 2006).

Para tanto, as análises hidrológicas referentes às vazões máximas devem ser estruturadas através de uma abordagem ampla quanto ao regime hidrológico, ou seja, todo estudo é elaborado através das análises referentes as recorrências de vazões máximas de cheias. Toda análise, busca assim, subsídios que justificam a elaboração de projetos políticos administrativos e, que sejam voltados diretamente para o uso e ocupação dos solos, tais como, projetos de drenagens, barramentos, e sendo subsidio também para demarcar áreas de risco ou de alertas de enchentes (TUCCI, 2004; SANTOS, 2010).

Vários autores como Pruski *et al.* (2006), Tucci (2002), Araújo & Rocha (2010) e Souza (2015), assinalam que a vazão máxima, deverá ser representada através de um valor referencial voltado para as precipitações efetivas, ou apontam para a representatividade mediante a análise da probabilidade de sua ocorrência, definindo então valores referenciais de risco, que se forem igualados ou ultrapassados, resultam na previsão de enchentes. Notoriamente, percebe-se então que, a ocorrência de enchentes dentro de uma bacia hidrográfica, em períodos de chuvas intensas, acaba se tornando um fenômeno relativamente natural.

Deve-se também ressaltar as características das chuvas que possuem pouca intensidade, mais que mantém uma longa duração temporal, pois tendem a provocar grandes riscos ao meio social e urbano. Contudo os impactos provocados pelas enchentes, seriam evitados através de medidas não-estruturais (MOTA, 2003).

A adoção de um planejamento integrado da bacia hidrográfica, como implantação de recursos tais como as técnicas de reflorestamento ou florestamento e, a adoção de um período maior de retorno para as obras de engenharia hidráulica, visto que os períodos adotados são muito curtos e com isso a probabilidade de um evento ser igualado ou ultrapassado acaba comprometendo o custo e a segurança dos projetos desenvolvidos o que vem a ser a perda de altos investimentos (SANTOS, 2010).

Os períodos de retornos mais comuns em obras urbanas forma apresentados na tabela 1 e apontam períodos relativamente curtos com relação as obras voltadas ao saneamento urbano.

**Tabela 1** - Período de retorno admitido para diferentes obras hidráulicas.

<b>Obra Hidráulica</b>	<b>Período de retorno (anos)</b>
Bueiros	2 a 10
Galeria de águas pluviais	2 a 20
Pequenas barragens de concreto para abastecimento de água	50 a 100
Canalização a céu aberto trapezoidal	50
Canalização a céu aberto retangular	100
Travessias: pontes, bueiros e estruturas afins	100
Barragem de concreto	500
Extravasor de uma barragem de terra	1.000
Vertedor de grandes barragens	10.000

**Fonte:** Adaptado de Villela e Mattos (1975), Tucci (2002) e DAEE (1994). **Org.** Silva. G. C (2017).

Ressalta-se assim, o quão importante é o repensar quanto a adoção de estratégias metodológicas voltadas para a quantificação dos dados de vazão, o que para Mendonça (2003), seria o um meio eficaz e capaz de gerar ciência e tecnologia e, que permitam o uso real quanto ao aproveitamento dos recursos hídricos.

De acordo com Castiglioni (2013), quando se busca analisar quantitativamente as vazões máximas, deve-se empregar dois indicadores, onde inicialmente trata-se do  $r_{mc}$ , que tem por objetivo avaliar a intensidade das enchentes relacionando-as com as condições médias de um rio, e posteriormente relaciona-se a vazão média de enchente através do indicador  $Q_{mc}$ , que busca quantificar, com a estimativa de retorno de dois anos, e finalmente realiza-se o cálculo da vazão média de longo período  $Q_m$ , buscando encontrar o valor do indicador  $r_{mc}$ , para isso usa-se a seguinte equação 2.

$$r_{mc} = \frac{Q_{mc}}{Q_m} \quad (2)$$

Onde:

$r_{mc}$  = Intensidade das enchentes -  $Q_{mc}$  = Vazão Média de Enchente -  $Q_m$  = Vazão Média de Longo Período.

Castiglioni (2013), ainda *ressalta* que o indicador  $Q_{mc}$  referente a vazão média de enchente deve indicar a cota referente ao limite do leito menor de um rio. Autores como Tucci (2002) e Castiglioni (2013), a vazão média de enchente deve ser representada através do indicador  $r_{100}$ , que traz a indicação referente a vazão existente entre o escoamento, que ocorre no leito menor e a capacidade de escoamento do leito maior, do mesmo rio, acompanhando a análise referente ao limite de inundação do vale, tal representação pode ser descrita matematicamente através da equação 3 onde.

$$r_{100} = \frac{Q_{100}}{Q_m} \quad (3)$$

Onde:  $Q_m$  = Intensidade das enchentes

$r_{100}$  = Vazão Média de Enchente

$Q_{100}$  = Tempo de retorno de 100 anos.

Dessa forma, o valor indicado de vazão deverá ser representado através do indicador  $Q_{100}$ , buscando apontar o tempo de retorno de 100 anos, ou seja, faz assim referência ao limite superior da faixa de inundação do vale (TUCCI, 2002).

Com relação aos estudos que buscam avaliar as taxas de vazão máxima, e são extremamente importantes, pois auxiliam na avaliação das técnicas de uso e ocupação dos solos e, principalmente com relação as políticas de ordenamento territorial.

Sendo assim as reflexões quanto ao dimensionamento dos projetos arquitetônicos e de engenharia objetivam resultados significativos, tanto das próprias políticas públicas, onde estas realmente tendem a atender aos seus propósitos e, também trazerem alternativas ambientalmente paliativas aos impactos existentes, como a adoção de medidas preventivas para possíveis impactos futuros (PRUSKI *et al.*, 2006).

### **2.2.2 Características da Vazão Média**

De acordo com Tucci (2002), ao buscar a definição quanto ao conceito de sazonalidade dentro do contexto de uma bacia hidrográfica, o mesmo conceito se estabelece pela contemplação através da análise da vazão diária e, quando se busca caracterizar o regime hidrológico o mesmo conceito se efetiva através da vazão mensal e, isso somente ocorre para rios em que estejam em regiões com condições climáticas que possuam períodos bem definidos.

Embora o conceito de sazonalidade referente ao regime hidrológico de acordo com o

mesmo autor *op cit.*, este já não seria aplicável para regiões em que as precipitações não possuem períodos distintos, pois a identificação das cheias e períodos de estiagem acabam sendo uma grande incógnita e, assim nesse contexto, deve-se adotar então o uso da vazão média, que traz a função de indicar os períodos sazonais ao longo do ano ou da série histórica avaliada.

Já Andrade (2014), traz a visão conceitual da importância da vazão média mensal, que não se resume somente nas políticas voltadas ao manejo integrado da bacia hidrográfica quando voltada ao tratamento, gerenciamento e abastecimento de água. Pode ser então, encontrada através da importância da vazão média mensal, quando aplicada também na produção de energia hidroelétrica, no consumo da agricultura, nas práticas esportivas, na navegação entre outras atividades.

Sendo assim, torna-se importante conhecer as dinâmicas que envolvem as vazões médias, principalmente dentro do contexto hidrológico e de evolução da bacia hidrográfica. Tais conhecimentos abrangentes, podem possibilitar efetuar estimativas importantes quanto a disponibilidade hídrica existente. O que de acordo com Baena (2004), somente assim haverá uma alternativa determinável, entre várias alternativas existentes capaz de adquirir o valor corresponde a vazão que pode ser regularizada em qualquer curso fluvial e, sendo assim, haverá então a possibilidade de abstração das perdas intermediárias contidas tanto na evaporação quanto na infiltração (BAENA, 2004).

Hibbert (1967), correlaciona os regimes de vazão média, obtendo então resultados expressivos com a retirada da cobertura florestal implicando assim em um aumento significativo da vazão média. Já com a introdução da cobertura florestal os resultados vieram a diminuir significativamente a vazão média, ou seja, tal experimento demonstrou a imprevisibilidade e variabilidade das respostas dos recursos hídricos frente as ações antrópicas.

Para estudos de vazão média ao longo de um rio, de acordo com Tucci (2002), estes podem apresentar erros significativos quanto a forma de abordagem dos dados de vazão, pois estes podem estar condicionados aos fatores morfométricos da região da montante em direção a região da jusante, ou seja, da nascente para o exutório da bacia.

O mesmo autor *op. cit.* ressalta que a ampliação dos erros pode vir a ser constatada, devido ao comprimento do rio e a dimensão da bacia hidrográfica. Já Lima (2000), aponta que tais estudos nem sempre são possíveis devido ao alto custo, e a falta de materiais humanos e, são afetados pela dificuldade encontrada em se distribuir igualmente os recursos por toda a bacia hidrográfica, pois, somente assim, de forma homogênea e estratégica quanto a organização, é que seria possível obter dados precisos.

Notoriamente cresce a busca por estudos cada vez mais direcionados em regionalizar

os dados de vazões médias, dados estes obtidos em estações fluviométricas que são pertencentes a empresas governamentais ou não. Os conhecimentos produzidos objetivam resultados com padrões tanto qualitativos e quantitativos e, que sejam representativos para que então possam vir a auxiliar tanto na representação quanto na análise proposta para a bacia hidrográfica (TUCCI, 2002).

Segundo Von Sperling (2007), utiliza-se então a vazão média quando se deseja estimar as condições médias que prevalecem durante o ano, e que ocorram justamente entre os períodos considerados de cheia e de seca, ou seja, para tal estimativa deve-se contemplar a sazonalidade.

Com relação ao cálculo da vazão média, o mesmo é elaborado de acordo com a vazão média de longo período e, é representado matematicamente através do indicador  $Q_m$ , onde tal valor é obtido mediante o estudo dos dados resultantes da análise de séries históricas das estações fluviométricas e, portanto, são dados que correspondem a média diária anual.

Castiglioni (2013), propõe a representação da vazão média se dá pela equação 4 e tem a função matemática de descrever o indicador regional:

$$q = \frac{Q_m}{A} \quad (4)$$

Onde os indicadores apresentados acima indicam:

- $q$  = vazão específica em m/s;
- $Q_m$  = vazão média de longo período em m<sup>3</sup>/s;
- $A$  = área de drenagem da bacia hidrográfica.

Com relação a abordagem da vazão média em estudos de cunho acadêmicos, Tucci (2000) a define através do seu emprego e, que deve ser amplamente focado em dados que busquem contemplar e analisar séries históricas e/ou temporais de dados que apresentem características anuais, mensais ou se limitem a períodos sazonais.

Autores como Pruski *et al.* (2006), Pruski & Pruski (2011), Araújo & Rocha (2010) e Souza (2015), fazem referência quanto ao emprego da análise da vazão média de longo prazo, através da média das vazões médias anuais e, portanto, para sua compreensão deve-se então sempre abstrair as perdas ocorridas tanto na infiltração quanto na evaporação.

Neste contexto, a importância da análise da vazão média, está em buscar sempre compreender a disponibilidade de água presente nos rios e, com isso, busca-se também representar o seu potencial hídrico e sua capacidade em gerar energia, além de expressar as suas demais formas de emprego, seja para o abastecimento urbano, na irrigação, na agricultura, nas

indústrias ou entre outras formas de reutilização (Souza, 2015).

### 2.2.3 Características da Vazão Mínima

O conhecimento pertinente as vazões mínimas, tem o intuito de apresentar a análise comportamental da bacia hidrográfica após o período vazante, ou seja, todo estudo com relação a vazão mínima busca sempre destacar as principais características das precipitações e, conseqüentemente as recargas que ocorrem nos aquíferos que são regidas pelas condições físicas e hidráulicas pertinentes aos condicionantes físicos da bacia hidrográfica (ZANETTI, 2007).

Para tanto, uma forma possível de se caracterizar a vazão mínima é obtida através da análise da variabilidade dos fatores de amplitude, de constância e de frequência, e assim, por meio do resultado obtido através da correlação destes fatores, estabelecer a possibilidade da disponibilidade hídrica natural (SMAKHTIN, 2001).

Para Moreira (2006), a disponibilidade hídrica natural de uma bacia hidrográfica permite a adoção de estratégias políticas que possibilitam por exemplo a emissão de outorgas, ou que aprovem o uso adequado dos recursos hídricos, de forma que não causem um desgaste desnecessário nos recursos hídricos e nem a ampliação de impactos ambientais.

A compreensão das vazões mínimas conforme afirma Tucci (2002), deve ser vista contemplando-a como sendo o menor valor existente em uma série histórica fluviométrica, diferindo-a ao compará-la com os valores pertencentes às séries de vazões máximas e médias.

Encontra-se uma visão conceitual mais positivista com relação a vazão mínima na proposta de Benetti *et al.* (2003), onde os valores mínimos pertencentes as séries históricas fluviométricas, devem expressar a quantidade de água que continua a fluir em um rio durante os períodos de estiagem, ou em períodos que ocorrem baixas precipitações.

Para tanto, o Ministério do Meio Ambiente (2016), avalia a importância dos estudos das vazões mínimas, destacando assim os padrões qualitativos e quantitativos da água e, como esses padrões contribuem de forma a suprir a existência e longevidade dos ecossistemas aquáticos.

Nos questionamentos referentes aos planejamentos dos recursos hídricos, autores como Pruski *et al.* (2006) e Von Sperling (2007), indicam que o conhecimento pertinente as vazões mínimas e, sobretudo as análises elaboradas em períodos considerados cruciais ou de estiagem extremas, apontam resultados que possibilitam prever o potencial hídrico. Estes resultados são de suma importância para determinar a capacidade da bacia hidrográfica em

suprir as necessidades básicas da população que ali habita em períodos de déficits hídricos extremos.

O que é definido por Baena *et al.*, (2004) como sendo:

[...] O conhecimento da vazão mínima e de sua distribuição temporal e espacial assume papel importante no planejamento regional, em setores como a geração de energia elétrica e navegação, bem como em projetos setoriais de abastecimento, regularização artificial, outorga de uso da água, qualidade de água, estudos de autodepuração, na diluição de efluentes em corpos d'água, dentre outros.

Ao se avaliar a vazão mínima em bacias hidrográficas, a base da metodologia que é comumente utilizada pauta-se na análise obtida pelo método denominado  $Q_{7,10}$ , onde a sua aplicabilidade parte inicialmente do levantamento através de uma série histórica fluviométrica. Após a sua organização, elabora-se um banco de dados e, com os dados obtidos estes são dispostos em *softwares* ou planilhas, para que possam ser distribuídos, em conjuntos estruturais de sete dias, durante um ano e assim repetindo o mesmo processo para os demais anos presentes na série histórica adotada.

No entanto, ressalta-se que as vazões obtidas neste processo deverão ser organizadas em ordem crescente, para posteriormente serem devidamente estimadas as suas funções de distribuição, subsequentemente os seus períodos de retornos, e por fim os resultados obtidos devem indicar as estimativas previstas da vazão mínima de sete dias de duração e também o período previsto de retorno de dez anos (LANNA & BENETTI 2000).

Visando expressar matematicamente essa função de distribuição, bem como o período de retorno que é caracterizado através da utilização de um descritor T, deve-se utilizar as equações 5 e 6 definidas da seguinte forma em que:

$$P = \frac{c - \alpha}{N + 1 - 2\alpha} \quad (5)$$

$$T = \frac{1}{P} \quad (6)$$

Para tanto os descritores expressos representam:

P = Probabilidade de não exceder;  $\alpha = 0,4$  corresponde ao coeficiente de posição de plotagem de Weibull (distribuição utilizada.) (LANNA & BENETTI 2000); c = número de valores acumulados por classe; N = número total de dados; T = Período de retorno.

Portanto, com relação às vazões médias e máximas, constata-se que as mesmas estão diretamente ligadas ao escoamento superficial e, por conseguinte, indiretamente vinculadas ao escoamento subterrâneo da bacia hidrográfica. Enquanto a abordagem das vazões mínimas o que se percebe é que elas estão diretamente ligadas com o escoamento subterrâneo e que no mesmo é que se encontra a base de sua existência (PRUSK *et al.*, 2012).

### **2.3 Dinâmicas de uso e ocupação dos solos e seus reflexos nas vazões**

O homem mediante as suas necessidades sempre alterará o meio físico, seja direta ou indiretamente, e para isso desenvolverá formas de apropriação do espaço físico através do avanço do conhecimento técnico-científico (SOUSA & SOUZA, 2002).

A sociedade continua crescendo e cada vez mais condicionada ao desenvolvimento econômico e, para isso, continua pautada principalmente na exploração dos recursos naturais. Inegavelmente os processos exploratórios das bacias hidrográficas têm um importante papel no contexto ambiental e, assuntos voltados a preservação e conservação não somente dos recursos hídricos, mais de toda a bacia hidrográfica como um todo, vieram à tona na última década (SILVA *et al.* 2010).

Quando busca tratar da evolução acerca do uso e exploração da bacia hidrográfica, um conceito básico precisa ser reformulado. Deve-se então, diferenciar o conceito de “uso dos solos”, do conceito de “cobertura dos solos”. Embora, as duas expressões demonstrem ter os mesmos significados, são completamente diferentes. O termo uso dos solos está compreendido pela forma em que o homem ocupa o e se organiza em determinada porção do espaço físico. Já o termo cobertura dos solos tem a função de indicar o tipo de revestimento que cobre determinada porção do espaço, seja esta cobertura de origem natural ou produzida pela ação do homem (ROSA, 1992).

Neste grau de abordagem, o desenvolvimento cartográfico é extremamente importante, pois fornece subsídios capazes de mensurar as classes de uso e ocupação dos solos e, com isso permite fazer apontamentos significativos, como a medida dos efeitos negativos do uso desordenados de determinadas classes de apropriação (PRUSK *et al.*, 2012).

De acordo com Von Sperling (2005), a importância dos levantamentos do uso e ocupação dos solos vão além de representar os reflexos qualitativos e quantitativos das classes que compõem a bacia hidrográfica, pois são fatores importantes também como ferramenta para gerir os recursos hídricos que na maioria das vezes, não se encontram sobre nenhuma adequação política ou de fiscalização e, devido a isso pode vir a sofrer impactos ambientais significativos

frente ao desenvolvimento urbano.

Queiroz *et al.*, (2010), afirma que quanto maior for a base informacional sobre o uso e cobertura dos solos, menor poderá ser o número de condicionantes das fatalidades ambientais relacionadas aos recursos naturais, e em especial aos bens hídricos, buscando assim, desta forma sempre o equilíbrio entre o ambiental, o econômico e o social.

Desta forma, a dinâmica de uso e ocupação dos solos adota um ponto de vista sistêmico e dinâmico, que permita estabelecer medidas corretivas e preservacionistas para todos os setores que compõe a bacia hidrográfica (FERREIRA, 2006).

Martins *et al.*, (2002) e Pires *et al.*, (2006), apontam que a compreensão das interações existentes no processo de erosão hídrica, apresentam certa complexidade em suas interações e, deve-se estar atento ao correlacionar fatores naturais como, clima, solo, topografia, vegetação, uso do solo e práticas conservacionistas, pois estes são de fundamental importância no contexto hídrico da bacia hidrográfica, embora, o que realmente vem a determinar a existência ou não da erosão hídrica está vinculado a sua presença e, a sua associação imediata com as características topográficas e pedológicas.

Em meio a várias características, alguns reflexos negativos se destacam devido à falta de organização, quanto ao uso e ocupação dos espaços físicos dentro das bacias hidrográficas, e estão diretamente ligados a retirada desnecessária das coberturas vegetacionais, que acabam manifestando-se direta ou indiretamente nos recursos hídricos, podendo assim, gerar impactos que podem ter significância até na dinâmica climática, chegando a interferir nos padrões de evaporação, evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial, precipitação, entre outros o que também pode vir a atingir a proporção de chegar a gerar micro climas locais (STOHLGREN *et al.* 1998, FOLEY *et al.* 2005, FEDDEMA *et al.* 2005, TATSCH, 2011 e SILVA, 2014).

Entre os demais componentes a vegetação é um fator de extrema importância, pois a cobertura que ela exerce dentro da bacia hidrográfica auxilia na manutenção dos recursos hídricos. Pode-se afirmar que inicialmente a vegetação auxilia no amortecimento do impacto das gotas da chuva vindo a evitar o efeito “*splash*”, embora sabe-se que, uma parte armazenase no topo das plantas e evapora-se e, assim uma outra parte escoar pelos troncos e folhas e, quanto vem a atingir o solo é amortecida pela vegetação diminuindo os processos erosivos.

Desta forma, conforme expressa Coelho Neto (1994) e Guerra (1994), o papel da vegetação não está em somente auxiliar contra o amortecimento das gotas da chuva, mas a sua presença também auxilia mantendo a concentração de água no solo e, garante assim a existência de padrões de umidade, auxiliando com as taxas de infiltração, sendo estas essenciais tanto para as raízes das plantas, quanto para o processo de recarga dos aquíferos.

Para Salomão (1999), a vegetação desenvolve também um papel de suma importância na prevenção da erosão, mantendo os padrões necessários que combatem a formação da erosão laminar, da lixiviação e da sedimentação, resultando então em uma água com maior qualidade e em quantidade dentro dos leitos dos rios. Mas Botelho & Silva (2010) vem chamando a atenção para o que vem ocorrendo em diversas regiões no mundo, onde os processos de ocupação e manejo desordenado dos solos tem proporcionado impactos ambientais nos recursos hídricos como a desertificação, o assoreamento e aceleração de processos erosivos.

De acordo com Silva *et al.* (2012), os impactos ambientais tendem a se ampliar em áreas com pouca cobertura e/ou com vegetação espaçada, fatores estes que caracterizam a região como fornecedora de sedimentos. Sedimentos estes, que são transportados através do escoamento superficial e, vem a ser depositados na maioria das vezes dentro dos rios e, conseqüentemente, podem vir a proporcionar interferências nos padrões qualitativos das águas.

Tundisi (2005), aborda os efeitos das atividades humanas sobre os recursos hídricos, e neste sentido, a preocupação se estende aos problemas oriundos das crescentes taxas de urbanização e, com isso abrange a falta de saneamento básico e, por conseguinte, vai estruturando uma cadeia crescente de danos ambientais que ao atingir os recursos hídricos podem evoluir ao ponto de se tornarem catástrofes ambientais.

Deve-se priorizar o cuidado na forma de uso e ocupação e, portanto, ir sempre associando as técnicas de manejo adequando-as as variabilidades climáticas, de forma que as mesmas tendem a produzir efeitos significativos com relação ao escoamento superficial e subterrâneo da bacia hidrográfica e, com isso gerar melhorias nos padrões de vazão máxima, média e mínima.

Belinasso (2002), aponta que quando ocorre um processo adequado de uso e ocupação dos solos em uma bacia hidrográfica, os reflexos significativos encontrados tendem a impedir que uma grande parte dos solos sejam transportados através da erosão superficial e, portanto, sejam depositados diretamente no leito dos rios e, posteriormente, venham a interferir na capacidade de armazenamento dos mesmos.

Tucci (2005), conforme apresentado na tabela 2, buscou representar as possíveis alterações nas formas de uso e ocupação dos solos frente ao processo de escoamento superficial.

**Tabela 2** - Possíveis transformações que podem ocorrer no uso e ocupação e seus impactos sobre o escoamento superficial

CLASSIFICAÇÃO	TIPO	PRINCIPAIS IMPACTOS SOBRE O ESCOAMENTO
Mudanças da Superfície	Desmatamento	Aumento da vazão média, diminuição da vazão mínima
	Reflorestamento	Redução do escoamento médio, capacidade erosiva
O uso de superfície	Urbanização	Redução da infiltração no solo, aumentando o escoamento superficial, reduzindo o escoamento subterrâneo, redução da evapotranspiração. Aumento das vazões máximas e na produção de sedimentos, e a deterioração da qualidade da água
	Reflorestamento para exploração sistemática	Redução do escoamento médio, impacto da construção de estradas e a capacidade erosiva gerada pela superfície desprotegida pela após a extração
	Culturas agrícolas de subsistência e permanentes	Intensidade pequena ou intermediária
	Culturas Anuais	Intensidade alta, pois prevê a preparação do solo (aração) antes do período chuvoso. O plantio sem nenhum cuidado tende a aumentar a erosão e o escoamento
Método de Alteração	Manual	Menor impacto, porém, dispendioso
	Equipamentos	Compactação do solo, reduzindo a infiltração de água no solo

Fonte: Adaptado Tucci (2005). Org. Silva. G. C (2017).

Nesta abordagem, evidencia-se que quanto maior for o processo que possibilite a impermeabilização dos solos, tem-se então por consequência, a possibilidade de se ter a ocorrência do escoamento superficial (CARDOSO NETO, 2010).

Destaca-se que se a impermeabilização dos solos estiver diretamente associada aos fatores topográficos, pode-se vir a ter situações em que ocorram picos extremos de vazões, onde ao associarmos esses fatores a grandes declives, tem-se o surgimento de grandes fluxos de escoamentos provavelmente em um curto espaço de tempo e, assim pode-se ocasionar probabilidades de ocorrência de enchentes. (BOOTH, 1991; BOTELHO E SILVA, 2010; CARDOSO NETO, 2010).

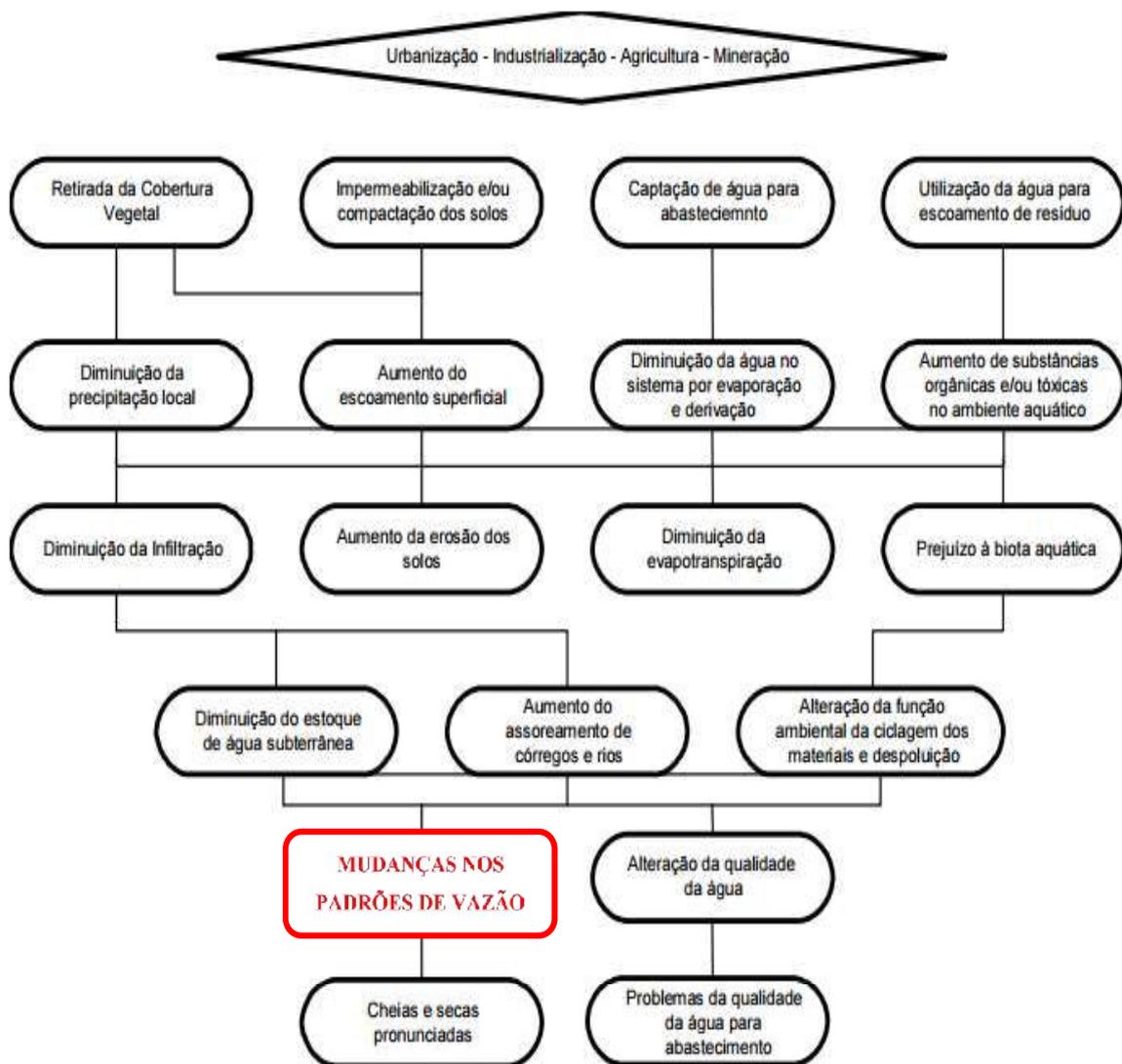
De acordo com Chueh (2000), outro fator que merece destaque, são as bacias hidrográficas que desenvolvem atividades agrícolas, pois as mesmas poderiam ser destinadas como unidade de conservação, mesmo mediante a todo controle e fiscalização, acredita-se que em um futuramente, o meio natural tende a expor todas as práticas que ali foram desenvolvidas.

De acordo com Bhuyan *et al.* (2002), a atualidade trouxe a necessidade de abastecer

através de alimentos os centros urbanos e, isso tem feito com que ocorra uma maior produção agrícola e, para garantir o alto índice produtivo, o número de produtos químicos utilizados durante todo o processo vem crescendo diuturnamente, e através do escoamento superficial ou da infiltração uma parte chega aos rios, vindo a poluir as águas, conseqüentemente, condições de risco a saúde humana.

Para tanto os autores Pires & Santos (1995) elaboraram a figura 1, na qual organizaram o uso e ocupação do solo, bem como seus reflexos sobre os recursos hídricos afetam diretamente os padrões de vazões.

**Figura 1-** Possíveis atividades antrópicas proporcionando alterações nos padrões de vazões.



**Fonte:** Baseado em (PIRES & SANTOS, 1995). **Org.** Silva. G. C (2017)

A constante preocupação que evolui o controle dos impactos existentes quanto as formas de uso e ocupação das bacias hidrográficas, parece que somente ocorrerá a partir do

momento que houver novas formas voltadas para o manejo dos solos. E, portanto, deve analisar se essas formas vão realmente priorizar o armazenamento de água no solo e, para que isso seja possível deve-se melhorar o investimento nas bases metodológicas, pois somente assim encontraremos ferramentas capazes de amenizar o escoamento superficial, e garantir padrões qualitativos e quantitativos a água de forma que venha a suprir as necessidades vitais (LETEY, 1985; GAO & SHAO, 2012)

## 2.4 Modelagem Hidrológica

Os modelos hidrológicos, de certa forma já foram caracterizados como sendo uma proposta de sintetização da natureza e, em sua maioria tendem a pegar um fenômeno natural de extrema complexidade, vindo de alguma forma buscar trazer a sua simplificação e o seu entendimento, sendo assim, possível a sua descrição (BATCHELOR, 1994).

Outra forma conceitual que se aplica a modelagem hidrológica, está direcionada quanto ao conhecimento gerado através dos fenômenos naturais, e trata-se do conceito de sinopse da realidade. Conceito este que foi em um primeiro momento avaliado na proposta de Chorley (1975) quando buscou caracterizar os modelos hidrológicos como:

[...] analogias, porque são diferentes do mundo real. O uso de modelos experimentais é exemplo óbvio do objetivo geral do construtor de modelos, no sentido de reformular algumas características do mundo real em forma mais familiar, simplificada, acessível, observável, facilmente formulada ou controlável, da qual se possa extrair arremates, que por sua vez, podem ser reaplicados ao mundo real.

Contudo, a modelagem hidrológica sempre acontecerá representativamente de forma lógico matemática e, buscará demonstrar a dinâmica existente na água ou em um elemento que a compõe. Podendo então, assim se estender aos elementos que integram a superfície e/ou subsuperfície da bacia hidrográfica, ou seja, quanto melhor for o conhecimento e/ou levantamento acerca dos fatores dinâmicos constituintes do ciclo hidrológico, melhor será o resultado obtido (MAIDMENT, 1993).

Entretanto, deve-se manter a consciência que os fenômenos ambientais podem apresentar características extremamente complexas, não se limitando a padrões de temporariedade, sazonalidade, ou seja, não são lineares. O autor Steyaert (1993), aponta uma característica marcante com relação aos fenômenos ambientais, onde segundo seus estudos esta característica encontra-se fundamentada na aleatoriedade dos fenômenos.

Portanto todas as formas de equacionamentos referente aos processos ambientais são

importantes. Principalmente para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, pois estas garantem por meio das previsões atuais e das passadas a probabilidade de análise lógica e estruturada que resultam assim na possível formulação de cenários futuros (TUCCI, 1998).

Com relação a modelagem hidrológica e o regime de vazão, de acordo com a proposta de Cabral (2014), deve-se então fazer o uso de dois tipos de modelos sendo estes modelos devidamente caracterizados como modelos estatístico e modelos dinâmicos. Visto que, a análise estatística busca no estudo de uma série histórica ou temporal dos dados de vazão/climáticos, vir a elaborar hipóteses comportamentais, enquanto o modelo dinâmico, vem a permitir a elaboração dos modelos atmosféricos e hidrológicos, que resultam nos processos hidroclimáticos e, que podem então ser aplicados em uma bacia hidrográfica.

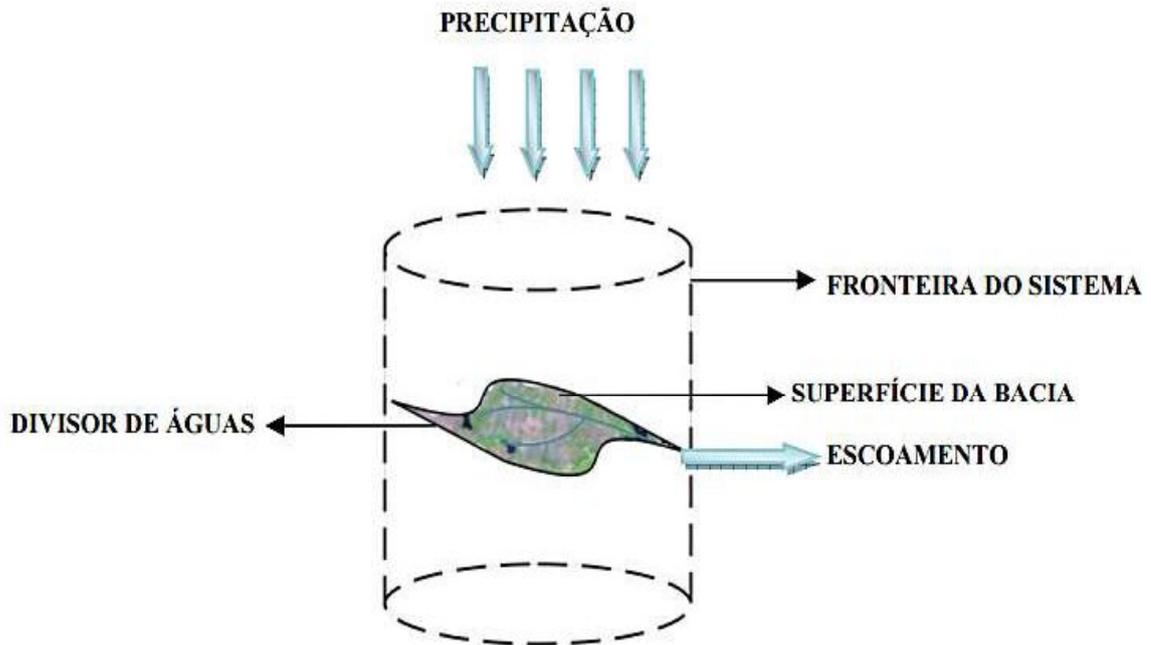
Tem-se evidenciado com relação aos modelos hidrológicos atuais, onde os mesmos têm encontrando algumas barreiras durante o desenvolvimento metodológico. Primeiramente, pode-se citar o problema relacionado quanto ao tamanho da escala temporal das séries disponíveis, que as vezes apresentam falhas e/ou são inconsistentes e, portanto, acabam dificultando as análises. O outro fator negativo, está relacionado quanto ao número de estações pluviométricas e fluviométricas, pois o mesmo ainda é muito pequeno dentro do contexto das bacias hidrográficas, o que dificulta a espacialização (CHEVALLIER, 2004).

De acordo com Tucci (2005), a existência de uma vasta base metodológica sobre modelos hidrológicos, se dá devido à falta de homogeneidade das características físicas das bacias hidrográficas e também é possível devido à diversidade de fatores que se interagem formando o fenômeno ambiental.

Já na abordagem de (Mortatti *et al.*, 2004), quando se analisa séries históricas elas sintetizam a conexão existente entre todas as células, que compõem o ciclo hidrológico e, por consequência, as relações naturais e antrópicas de uma determinada região, adotando assim o caráter norteador, principalmente em relação a princípios conservacionistas e preservacionistas tão importantes na atualidade.

É cada vez mais importante analisar a bacia hidrográfica, sempre adotando um ponto de vista sistêmico, pois assim, permite uma análise integrada da bacia e, portanto, uma possível avaliação dos fenômenos que a compõe. A figura 2, permite uma melhor avaliação das variáveis envolvidas.

**Figura 2** - Simulação Sistêmica em uma Bacia Hidrográfica



**Fonte:** Criado por Chow *et al.* (1994). **Org.** Melo (2010).

Segundo Lanna (1997), torna-se primordial manter uma abordagem acerca dos modelos hidrológicos que garantam uma melhor integração dos recursos hídricos. Contudo, é importante sempre buscar uma base metodológica consistente, apropriada e que seja além do mais capaz de representar adequadamente os dados pertinentes as séries históricas e/ou temporais adotadas no estudo proposto.

A importância da análise sistêmica, conforme indicada no tratamento dos dados de precipitações e que visam, contudo, correlacionar com os regimes de vazões, tem se destacado na atualidade e tem encontrado reforços nos trabalhos de Haan (2002) e Douglas & Vogel (2006), onde ambos analisaram os dados referentes a séries históricas e, portanto, fizeram o uso de modelos hidrológicos totalmente probabilísticos.

O que para Collischonn e Tucci (2005) se justifica através de:

[...] não existe um conjunto único de parâmetros capaz de representar os processos hidrológicos, devido às incertezas inerentes dos dados, das simplificações do modelo e da representatividade dos parâmetros. Existem várias soluções possíveis, que de forma adequada darão a resposta desejada.

Vale deixar claro que, os modelos hidrológicos devem sempre trazer a compreensão das dinâmicas que envolvem os fatores climáticos e suas complexidades. Dessa forma as representações metodológicas propostas por Batista (2009), destacam que a modelagem

hidrológica representada em forma de simulação, deve ser pautada em equações matemáticas.

Batista (2009) ainda destaca que, os modelos hidrológicos quando aplicados ao estudo de vazões devem apresentar em seu resultado o reflexo da dinâmica existente na bacia hidrográfica, de forma que esse comportamento seja também validado através dos dados fornecidos pela série histórica e/ou temporal.

## 2.5 Classificação dos Modelos Hidrológicos

Existem na atualidade uma vasta linha de pesquisa que abrangem várias discussões sobre a questão da caracterização dos modelos hidrológicos e, portanto, encontramos nos estudos de Maidment (1993) e Tucci (1998). No entanto, sabe-se que a caracterização pode ser constituída e elaborada através da obtenção de vários aspectos. Sabe-se que na maioria das vezes, a caracterização é feita através da variável estudada durante o processo de modelagem.

O que de acordo com Collischonn (2001), para o modelo hidrológico essa variável deve estar diretamente associada as representações da base física e/ou através das heterogeneidades existentes, pois acabam sendo um fator extremamente determinante durante o processo de modelagem. Tal premissa se consolida devido à necessidade que há em representá-los durante todo o processo de modelagem e, é com o auxílio dos *softwares* computacionais, que tais fatores acabam ficando cada vez mais evidentes.

Inúmeros estudos vêm sendo elaborados, buscando cada vez mais, representar significativamente as dinâmicas que envolvem as entradas (precipitação da bacia) e as saídas (escoamento superficial e produção de sedimentos) na bacia hidrográfica. Entretanto, escolher corretamente um modelo hidrológico capaz de prever satisfatoriamente o regime de vazões, acaba sendo uma tarefa muito difícil, embora espera alcançar resultados promissores (ALONSO *et al.*, 1981).

Buscando então caracterizar os modelos hidrológicos, de acordo com os estudos propostos por Melo (2010), de forma clara e objetiva foi elaborada a tabela 3, que por sua vez, dá ênfase aos modelos hidrológicos abordando suas características e aplicabilidades, sendo assim:

Tabela 3 - Síntese da caracterização dos modelos hidrológicos.

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO	SUBCLASSE	CARACTERÍSTICA
Descrição dos Processos	Determinístico	Empírico	Não leva em conta a chance de ocorrência das variáveis envolvidas no processo, utilizando observações e que não estão relacionadas com os fenômenos físicos.
		Conceitual (Semi-Conceituais & Físicos)	<i>Semi-Conceitual</i> - Não leva em conta a chance de ocorrência das variáveis envolvidas no processo, procurando descrever todos os processos que envolvem um determinado fenômeno físico, mantendo um razoável empirismo.
			<i>Físico</i> - Também não levam em conta as chances de ocorrência, utilizando as principais equações diferenciais do sistema físico.
	Não Determinístico	Probabilístico	Considera a chance de ocorrência das variáveis e introduz o conceito de probabilidade em sua formulação, tendo a variável interveniente um comportamento puramente aleatório.
		Estocástico	Considera a chance de ocorrência das variáveis e introduz o conceito de probabilidade em sua formulação, mas além da componente aleatória tem outra que permite contemplar a sequência temporal ou sequência espacial dos valores da variável.
	Variabilidade Espacial	Concentrado	—
Distribuído		—	Quando as variáveis e parâmetros do modelo variam também segundo o espaço.
Variabilidade Temporal	Contínuo	—	Quando os fenômenos são contínuos no tempo. Mesmo que um sistema se modifique continuamente, a simulação no modelo é feita em intervalos de tempos.
	Discreto	—	Quando os fenômenos são representados em intervalos de tempo discreto.
Dependência Temporal	Estático	—	Quando, para um conjunto de dados de entrada produz-se um resultado oriundo da solução das equações do modelo em um único passo.
	Dinâmico	—	Quando utiliza o resultado de uma iteração como entrada para uma próxima iteração.
Técnica de Solução	Numérico	—	Problemas gerais, independentemente da complexidade geométrica, dos parâmetros físicos e das relações constitutivas.
	Analítico	—	Problemas de geometria simples, parâmetros homogêneos e relações lineares

Fonte: Adaptado por Melo (2010). Org. Silva. G. C (2017).

## 2.6 Modelos de Séries Históricas e/ou Temporais

Deve-se fundamentalmente compreender que o conceito de série temporal e/ou histórica, consiste basicamente na condição de se avaliar um conjunto de observações distribuídas no tempo e, portanto, este conjunto pode adquirir outras escalas de abordagens, como a escala espacial. De acordo com Wei (2006), essa importância existente em se estudar uma série histórica de dados, parte do princípio que tem de se entender a dinâmica existente entre uma ou mais variáveis, ao longo de uma série observada.

O mesmo autor *op. cit.* afirma que somente através do entendimento da variabilidade temporal, e que se pode apontar os seus reflexos, tanto no tempo quanto no espaço. Partindo desse princípio, torna-se possível destacar quais são os fatores responsáveis pela origem do evento e, sendo assim, estabelecer os agentes transformantes que provavelmente encontram-se vinculados as atividades humanas (SERRA FILHO *et al.*, 1975; KARL *et al.*, 1988).

A gama de informações sendo consistente permite uma análise assertiva e, que resulta na retirada dos agentes transformantes humanos, e se consolida obtendo o resultado onde o agente transformante se trata de um fenômeno totalmente natural (MARENGO, 2010).

Buscar compreender como o ser humano vem se apropriando cada vez mais das bacias hidrográficas e, como tal processo de ocupação se comporta numericamente, enquanto dado em uma série histórica. Neste contexto, um exemplo usual cabível, consiste na necessidade de compreender como a forma em que as técnicas de uso e ocupação dos solos são correlacionadas com as mudanças climatológicas, e como isso vem se comportando ao longo de vários anos, e se podem ou não causar algum tipo de interferência no regime de vazões (FERREIRA, 2012).

Ainda, conforme afirma Ferreira (2012), é crescente o número de abordagens quanto a quantificação de análises, o que permite o surgimento de diversos segmentos e com estudiosos altamente especializados com relação a temática que insere a dinâmica dos recursos hídricos.

Contudo, na abordagem proposta por Morettin e Tolo (2006) a previsão em si, bem como o ato de prever, não constitui um meio formalizado, mas fornece todo o embasamento teórico e conceitual que permite elaborar ferramentas, que sejam capazes de auxiliar nas elaborações estratégicas, permitindo então atingir determinados objetivos, desde que os mesmos sejam completamente estruturados validando ainda mais o foco central da análise proposta.

Com relação as séries históricas e/ou temporais de acordo com Ehlers (2009), as mesmas apresentam algumas particularidades e, devem ser tratadas como características comportamentais ao fazerem referência aos seus dados, sendo estas:

- As observações são correlacionadas e requerem técnicas específicas de análise;
- É fundamental considerar a ordem temporal das observações;
- Possibilidade da existência de fatores complexos, como tendências, variações sazonais ou cíclicas, que deverão ser estimados ou removidos;
- É mais difícil de lidar com falhas nos períodos de observação e dados discrepantes devido à natureza sequencial.

Neste contexto, as ideias apresentadas por Ribeiro *et al.* (2009), durante as análises das séries históricas e/ou temporais podem ocorrer ínfimas abstrações, mas, devido à diversidade de modelos existentes, deve-se sempre preocupar com a qualidade dos dados das séries disponíveis e, principalmente com o objetivo a ser atingido.

O que para Silva (2012), fica bem representado através das expressões obtidas na análise matemática dos dados e, principalmente a liberdade lógico-matemática que os modelos disponibilizam, permitindo assim abstrair as regularidades dos fenômenos observados e com isso chegar a uma possível representação do fenômeno analisado.

A análise de séries históricas e/ou temporais visa sempre efetuar previsões futuras, mantendo a base fundamentada em valores gerados e armazenados no passado, sugerindo que a previsão gerada venha a se aproximar da realidade. De acordo com Tibulo (2014), somente a existência dos dados em si não garantem a confiabilidade dos resultados, mas, para que isso ocorra, deverá haver a verificação mediante o emprego de ferramentas disponíveis por meio da ciência e da tecnologia.

Todavia, neste enfoque lógico-matemático a proposta elaborada por Ribeiro *et al.* (2009), aponta as técnicas matemáticas e estatísticas, como sendo ferramentas indispensáveis e aliadas infalíveis devido as diversidades probabilísticas. O grau de análise varia do mais simples ao grau extremamente complexo, chegando a exigir a empregabilidade de *softwares* para o armazenamento e desenvolvimento do modelo proposto.

[...] A construção de modelos depende de vários fatores, tais como o comportamento do fenômeno ou o conhecimento a priori que temos de sua natureza e do objeto da análise. Na prática, depende, também, da existência de métodos ótimos de estimação e da disponibilidade de programas (*software*) adequados. (MORETTIN e TOLOI, 2006).

Do ponto de vista da análise Estatística, o mecanismo causador da série temporal é acatado como um processo estocástico, ou seja, a própria série temporal e/ou histórica acaba se tornando o resultado dos processos destes mecanismos. Portanto, dentro da estatística

elementar, ambos os conceitos são análogos e, portanto, tem o mesmo, valor conceitual dentro da estatística, igual tem os conceitos população e amostra (PEREIRA; PAIS; SALES, 1986).

Destaca-se que a distribuição temporo-espacial, deve ser também levada em consideração pois a mesma pode vir a caracterizar a série histórica e/ou temporal. Uma série histórica e/ou temporal é caracterizada como sendo contínua, dependendo se os números de observações foram feitos consecutivamente no tempo; ou podem caracterizá-las como séries discretas a partir do momento em que estipulamos um tempo pré-determinado para determinada observação. No entanto, outro fator relacionado a análise da distribuição temporo-espacial está que a mesma pode ser feita em períodos igualmente espaçados (WEI, 2006; MORETTIN; TOLOI, 2006).

Já com relação às dinâmicas que envolvem as bacias hidrográficas, de acordo com Mendonça (1993), quando ao avaliar os problemas que estão diretamente relacionados para os recursos hídricos, deve-se sempre considerar dois tipos de bases de dados existentes sendo estes:

- a) Longas amostras observadas, especialmente em séries temporais, que fornecem informações sobre o processo básico com pequena incerteza;
- b) Séries que apresentam o tamanho padrão da amostra do período (ano, mês, dia, etc.), sendo assim capaz de produzir informações empíricas sobre as funções das variáveis aleatórias observadas.

Contudo, de acordo Morettin e ToloI, (2006), grande parte das séries temporais tendem a se comportar de forma não-estacionária e, devido a essa abordagem a maioria dos processos metodológicos tratam essas séries históricas como sendo então estacionárias. Quando este fenômeno ocorre necessita que ocorra a transformação dos dados, visto que se os mesmos de alguma forma apresentarem algum indício de não-estacionaridade. Conforme afirma Ferreira (2012):

[...]. Existem diversas metodologias destinadas à previsão de séries temporais, dentre as quais as que recorrem a modelos de suavização exponencial, modelos autorregressivos, regressão linear, médias móveis ou Modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrate Moving Average*). Tecnologias de inteligência computacionais tais como redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos têm possibilitado a criação de metodologias avançadas de análise de tendências em séries temporais.

Tibulo (2014) por sua vez reforça que ainda é de suma importância o auxílio de ferramentas computacionais, tais como; redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos, visando sempre clarificar a base metodológica e, para com isso chegar cada vez mais a precisão

dos resultados. Portanto, buscando a explicação matemática de uma série histórica e/ou temporal que se define em um conjunto de observações ordenados no tempo.

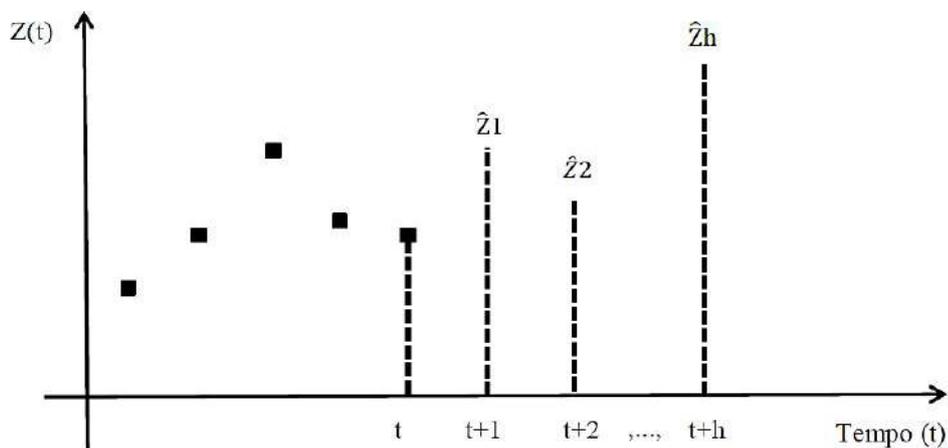
Então sendo expressados através da equação 7, de acordo com a proposta de Morettin e Tolo (2006), onde:

$$Z_t = \{Z_t \in R \mid t = 1, 2, 3, \dots, N\} \quad (7)$$

Onde:  $t$  indica um índice temporal e  $N$  refere-se a ao número de observações.

Sendo assim, Tibulo (2014) considerou a existência de observações em uma série temporal até o instante  $t$ , analisando a previsão no instante  $t+h$  que é denotada pelos indicadores  $\hat{Z}_t(h)$ , cuja origem é  $t$  e o horizonte de previsão é  $h$ . As previsões baseiam-se em  $Z(t+1)$ ,  $Z(t+2)$ ,  $Z(t+h)$ . Dessa forma, podem ser representadas graficamente por meio do exemplo da figura 3.

**Figura 3** Série temporal com previsões de origem  $t$  e horizontes de previsão iguais a um, dois e  $h$  passos à frente.



**Fonte:** Criado por Morettin e Tolo, (2004). **Adaptado** por Tibulo (2014).

Ainda de acordo com Morettin e Tolo (2004), a equação 7 pode ser interpretada através da soma de três componentes não observáveis, e que são representados na equação 8 a seguir:

$$Z_t = T_t + S_t + \alpha_t \quad (8)$$

Onde:  $T_t$  indica a tendência,  $S_t$  refere-se ao indicador de sazonalidade e  $\alpha_t$  é a

componente aleatória com média zero e variância constante ( $\sigma_a^2$ ).

Para Tibulo (2014), as séries históricas e/ou temporais podem ser compostas por quatro indicadores fundamentais, sendo estes:

- Tendência  $T_t$  – caracteriza-se por um movimento em longo prazo e suave, indicando um padrão crescente ou decrescente, ao longo das observações no tempo. Ressalta-se que as tendências podem ser lineares.
- Sazonalidade  $S_t$  – identifica-se devido ao movimento cíclico, padrão comum para um curto espaço temporal, em geral, inferior a 12 meses.
- Ciclo  $C_t$  – representam umas ondulações que venham a conceber uma tendência depois de alguns anos.
- Variações aleatórias  $\epsilon_t$  – estas alterações indicam alterações irregulares na série temporal, que não são originadas por outro fator. São estocásticas e imprevisíveis.

O mesmo autor *op. cit.* indica que os fatores apresentados podem ser avaliados em conjunto ou individualmente e, que o importante é a compressão dos fatores, pois permite uma melhor projeção futura. Bem como seja possível, visto que os indicadores das séries temporais possam ser representados nos seguintes modelos aditivos, que são representados na equação 9 e os indicadores referentes ao modelo multiplicativo representado na equação 10.

$$Z_t = T_t + S_t + C_t + \epsilon_t \quad (9)$$

$$Z_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot \epsilon_t \quad (10)$$

De certa forma, um fator importante é que toda série histórica pode ser decomposta, o que possibilita a análise dos seus indicadores, resultando assim em projeções futuras, e principalmente permitindo que ocorra a detecção de particularidades na série histórica. Para tanto, busca-se cada vez mais um modelo representativo e realístico dos fenômenos abordados e que represente fielmente as variáveis geradoras (GROPPO, 2005).

A seguir serão apresentados alguns testes e modelos que são geralmente utilizados em análises de séries históricas e/ou temporais. Vale ressaltar que o modelo ou teste adotado deve sempre buscar a funcionalidade e atender o foco do objeto de estudo.

Portanto, um modelo ou teste, de acordo com Tibulo (2014), deve ser sempre de fácil compreensão, articulado matematicamente e, que atenda as inferências a seu respeito.

### 2.6.1 Teste de Cox-Stuart

Para Amaral (2014), ao tratar sobre o teste de Cox-Stuart, deve-se considerar como o mesmo como parte integrante do conjunto de testes que são indicados para a análise da presença em tendências monótonas. De acordo com Morettin e Tolo (2006), são consideradas séries monótonas as séries que apresentam tendências crescentes ou decrescentes.

A proposta de Amaral (2014), quanto a aplicabilidade do teste, considera que o teste inicia-se dividindo a série histórica em dois grupos e, posteriormente deve-se continuar pareando os dados na sequência  $(Z_1, Z_{1+c}), (Z_2, Z_{2+c}), \dots, (Z_{n-c}, Z_n)$ , de acordo o indicador  $N$ , que faz referência a quantidade de observações existentes na série, por conseguinte usa-se o indicador  $c = \frac{N}{2}$  se o número de observações for par e,  $c = \frac{N+2}{2}$  se o número de observações for ímpar.

Vale destacar que onde for encontrado cada par  $(Z_i, Z_{i+c})$  atribui-se um sinal de “+” sempre que for  $(Z_i < Z_{i+c})$  então se atribui-se um sinal de “-” para quando for  $(Z_i > Z_{i+c})$ . Durante o teste de Cox-Stuart descarta-se se a comparação for igual a  $(Z_i = Z_{i+c})$ . A proposta inicial é para que durante aplicação do teste se analise a hipótese bilateral que é representada na equação 11.

$$\begin{aligned} H_0: P(Z_i < Z_{i+c}) &= P(Z_i > Z_{i+c}), \forall i: \text{ não existe tendência} \\ H_1: P(Z_i < Z_{i+c}) &\neq P(Z_i > Z_{i+c}), \forall i: \text{ existe tendência} \end{aligned} \quad (11)$$

Portanto, deve-se admitir que o indicador  $T_2$  representa o número de pares com sinal positivo, no entanto, a hipótese  $H_0$  vem a ser rejeitada se  $T_2 \geq n - t$ .

Para encontrar o  $t$ , de acordo com Batista (2009), deve-se seguir a seguinte fórmula representada na equação 12.

$$t = \frac{1}{2}(n + \omega_{\alpha/2}\sqrt{n}) \quad (12)$$

Onde, o indicador  $n$  é indicado pela a quantidade de vezes que ocorreu empate na comparação entre  $Z_i$  e  $Z_{c+i}$  e  $\omega_{\alpha/2}$ , para tanto, deve-se ter como base o valor de referência quanto ao nível de significância do indicador  $\alpha$ .

Portanto, se ocorrer  $n \leq 20$ , o valor tabelado de  $\omega_{\alpha/2}$  é dado pela distribuição binomial com  $p = 0,5$  e, se nesse caso ocorrer  $n > 20$ , utiliza-se a aproximação normal.

### 2.6.2 Teste de Fisher

Utiliza-se o teste de Fisher, quando a análise tem o intuito de detectar a presença de sazonalidade em uma série temporal. Conforme a proposta metodológica de Batista (2009), que apresenta o desenvolvimento do teste, onde inicialmente se baseia nas seguintes hipóteses conceituais, que é avaliado a presença ou não de periodicidade, sendo elas expressas pelos indicadores:

$$R_0: \text{não há periodicidade} \quad \& \quad R_1: \text{há periodicidade.}$$

Posteriormente, parte-se para a análise estatística através da equação 13 onde:

$$g = \frac{\max I_j^{(n)}}{\sum_{j=1}^n I_j^{(n)}} \quad (13)$$

No entanto, o valor de  $I_j$  caracteriza o valor na variável  $j$ , já a variável  $n$  caracteriza o tamanho da amostra. Os dados referentes a estatística foram elaborados mediante a proposta de Morettin e Tolo (2006) obtidos pela equação 14.

$$Z_\alpha = 1 - \left(\frac{\alpha}{n}\right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (14)$$

A variável  $\alpha$  indica o tamanho da série e, deve-se dividir por 2, já a variável  $n$  indica a significância que o teste se encontra. Ocorrendo periodicidade na análise da série, deve-se entender que algum elemento se repete em um curto espaço temporal.

### 2.6.3 Regressão Linear Simples

Os modelos conhecidos por regressão linear simples se caracterizam por serem modelos matemáticos pautados na análise de observações passadas, onde as mesmas têm a função de trazer informações acerca do padrão da série temporal, buscando assim elaborar uma previsão futura.

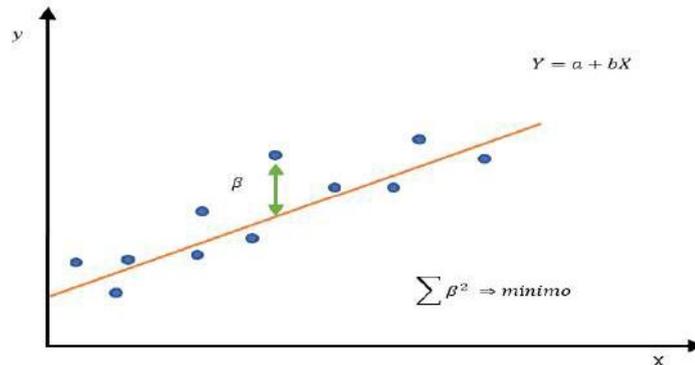
A caracterização do modelo de regressão linear proposto por Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), utilizam em sua base metodológica uma variável denominada dependente, no entanto, ocorrem as correlações com uma ou várias outras séries por meio uma equação linear.

Sendo assim, o cálculo matemático que vem representar o modelo proposto para o método de regressão linear simples é apresentado através da equação 15 onde:

$$y = a + bx \quad (15)$$

Na equação 15, “y” refere-se a variável dependente e “x” a variável independente. O “a” representa interseção da linha no eixo y e b inclinação da linha. Essa fórmula estabelece a equação que identifica o efeito da variável de previsão (variável independente) sobre o período em análise (variável dependente). Em outras palavras, a proposta do modelo tem por objetivo encontrar uma equação linear de previsão, de modo que a soma dos quadrados dos erros de previsão (beta) seja a mínima possível. De acordo com Medeiros e Bianchi (2009), na figura 4 observa-se a formação da reta formada pela equação 15 e apresentada no sistema cartesiano.

**Figura 4 - Mínimos Quadrados.**



**Fonte:** Adaptado por Tubino (2007). **Org.** Silva. G. C (2017).

De acordo com Gaither e Frazier (2006), os valores correspondentes por  $a$  são expressos na equação 16 e  $b$  são encontrados mediante o desenvolvimento da equação 17:

$$a = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (16)$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (17)$$

As equações 16 e 17 trazem por sua vez, o cálculo dos coeficientes representados por  $a$  e  $b$  que tem a função de minimizar a soma dos desvios quadrados dos dados reais representados através da linha do gráfico enquanto a variável representada pelo indicar  $n$  representa o período estudado.

### 2.6.4 Teste Mann-Whitney

O teste de Mann-Whitney (1947), baseia-se na ideia que há um padrão quando as variáveis aleatórias  $X$  e  $Y$  são ordenadas em ordem crescente, portanto essas variáveis são capazes de transmitir informações sobre suas respectivas populações. Todavia, o teste não leva em conta o número total de interações e sim considera a magnitude dos  $Y$ 's, em relação aos  $X$ 's, ou seja, a função central do teste é analisar se a posição dos  $Y$ 's, encontra-se em uma sequência ordenada.

Para tanto, o teste de Mann-Whitney se desdobra em dois fatores independentes, averiguando se os mesmos foram analisados ou não extraídos da mesma população, com a mesma mediana. Sendo assim, ressalta-se que as amostras devem ser independentes e aleatórias: a primeira amostra extraída de uma população com mediana não conhecida  $M_1$  e a segunda de uma população desconhecida  $M_2$ , após tal levantamento deve-se constatar o nível de mensuração se o mesmo é ordinal e, se as duas populações devem ser contínuas. A hipótese, a se comprovar é que as populações têm a mesma mediana, sendo a alternativa avaliada é se as medianas são diferentes, ou uma maior do que a outra. A metodologia estatística aplicada no teste de Mann-Whitney é:

- Determinar os valores  $n_1$  (= número de casos de menor grupo) e  $n_2$ .
- Colocar em conjuntos os valores dos dois grupos, ordenando-os ascendentemente.
- Atribuir postos aos valores, em caso de empate, fazer a média dos postos correspondentes.

Para determinar  $U$ , deve-se recorrer matematicamente à equação 18, onde:

$$U = \min(U_1, U_2) \quad (18)$$

Após a determinação do  $U_1$ , deve-se efetuar a análise através da equação 19, segundo:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - Z_1 \text{ e } U_2 = n_1 n_2 - U_1 \quad (19)$$

Sendo assim a variável  $Z_1$  refere-se a soma dos postos atribuídos a amostra que é definida como 1 e já para determinar o valor da significância do valor dependente de  $n_2$ , deve-se seguir os seguintes procedimentos metodológicos:

Se o valor de  $n_2 \leq 8$  a tabela 4, dará o valor probabilístico exato associado a um valor tão pequeno quanto o valor de  $U$ . Caso deseje um valor bilateral, basta duplicar o valor obtido na tabela. Se o valor de  $U$  não for tabelado, usar a seguinte interpretação  $U' = n_1 n_2 - U$ .

**Tabela 4** - Probabilidades de valores menores quanto os valores observados de U no teste de Mann-Whitney.

$n_2 = 3$				$n_2 = 4$				$n_2 = 5$						
U	1	2	3	U	1	2	3	4	U	1	2	3	4	5
0	0,250	0,100	0,050	0	0,200	0,067	0,028	0,014	0	0,167	0,047	0,018	0,008	0,004
1	0,500	0,200	0,100	1	0,400	0,133	0,057	0,029	1	0,333	0,095	0,036	0,016	0,008
2	0,750	0,400	0,200	2	0,600	0,267	0,114	0,057	2	0,500	0,190	0,071	0,035	0,002
3		0,600	0,350	3		0,400	0,200	0,100	3	0,667	0,286	0,125	0,056	0,028
4			0,500	4		0,600	0,314	0,171	4		0,429	0,196	0,096	0,048
5			0,650	5			0,429	0,243	5		0,571	0,286	0,143	0,075
				6			0,571	0,343	6			0,393	0,206	0,111
				7				0,443	7			0,500	0,278	0,155
				8				0,557	8			0,607	0,365	0,210
									9				0,452	0,274
									10				0,548	0,345
									11					0,421
									12					0,500
									13					0,579

$n_2 = 6$						$n_2 = 7$								
U	1	2	3	4	5	6	U	1	2	3	4	5	6	7
0	0,143	0,036	0,012	0,005	0,001	0,001	0	0,125	0,028	0,008	0,003	0,001	0,001	0,000
1	0,286	0,071	0,024	0,010	0,004	0,002	1	0,025	0,056	0,017	0,006	0,003	0,001	0,001
2	0,428	0,143	0,048	0,019	0,009	0,004	2	0,375	0,111	0,033	0,012	0,005	0,002	0,001
3	0,571	0,214	0,083	0,033	0,015	0,008	3	0,500	0,167	0,058	0,021	0,009	0,004	0,002
4		0,321	0,131	0,057	0,026	0,013	4	0,625	0,250	0,092	0,036	0,015	0,007	0,003
5		0,429	0,190	0,086	0,041	0,021	5		0,333	0,133	0,055	0,024	0,011	0,006
6		0,571	0,274	0,129	0,063	0,032	6		0,444	0,192	0,082	0,037	0,017	0,009
7			0,357	0,176	0,089	0,047	7		0,556	0,258	0,115	0,053	0,026	0,013
8			0,452	0,238	0,123	0,066	8			0,333	0,158	0,074	0,037	0,019
9			0,548	0,305	0,165	0,090	9			0,417	0,206	0,101	0,051	0,027
10				0,381	0,214	0,120	10			0,500	0,264	0,134	0,069	0,036
11				0,457	0,268	0,155	11			0,583	0,324	0,172	0,090	0,049
12				0,545	0,331	0,197	12				0,394	0,216	0,117	0,064
13					0,396	0,242	13				0,464	0,265	0,147	0,082
14					0,465	0,294	14				0,538	0,319	0,183	0,104
15					0,535	0,350	15					0,378	0,223	0,130
16						0,409	16					0,438	0,267	0,159
17						0,469	17					0,500	0,314	0,191
18						0,631	18					0,562	0,365	0,228
							19						0,418	0,267
							20						0,473	0,310

$n_2 = 8$										
U	1	2	3	4	5	6	7	8	f	Normal
0	0,111	0,022	0,006	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	3,308	0,001
1	0,222	0,044	0,012	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000	3,203	0,001
2	0,333	0,089	0,024	0,008	0,003	0,001	0,001	0,000	3,098	0,001
3	0,444	0,133	0,042	0,014	0,005	0,002	0,001	0,001	2,993	0,001
4	0,556	0,200	0,067	0,024	0,009	0,004	0,002	0,001	2,888	0,002
5		0,267	0,097	0,036	0,015	0,006	0,003	0,001	2,783	0,003
6		0,356	0,139	0,055	0,023	0,010	0,005	0,002	2,678	0,004
7		0,444	0,188	0,077	0,033	0,015	0,007	0,003	2,573	0,005
8		0,556	0,248	0,107	0,047	0,021	0,010	0,005	2,468	0,007
9			0,315	0,141	0,064	0,030	0,014	0,007	2,363	0,009
10			0,387	0,184	0,085	0,041	0,020	0,010	2,258	0,012
11			0,461	0,230	0,111	0,054	0,027	0,014	2,153	0,016
12			0,539	0,285	0,142	0,071	0,036	0,019	2,048	0,020
13				0,341	0,177	0,091	0,047	0,025	1,943	0,026
14				0,404	0,217	0,114	0,060	0,032	1,838	0,033
15				0,467	0,262	0,141	0,076	0,041	1,733	0,041
16				0,533	0,311	0,172	0,095	0,052	1,628	0,052
17					0,362	0,207	0,116	0,065	1,523	0,064
18					0,416	0,245	0,140	0,080	1,418	0,078
19					0,472	0,286	0,168	0,097	1,313	0,094
20					0,528	0,331	0,198	0,117	1,208	0,113
21						0,377	0,232	0,139	1,102	0,135
22						0,426	0,268	0,164	0,998	0,159
23						0,475	0,306	0,191	0,893	0,185
24						0,525	0,347	0,221	0,788	0,215
25							0,389	0,253	0,683	0,247
26							0,433	0,287	0,578	0,282
27							0,478	0,323	0,473	0,318
28							0,522	0,360	0,368	0,356
29								0,399	0,263	0,396
30								0,439	0,158	0,437
31								0,480	0,052	0,481
32								0,520		

Fonte: Adaptado por Câmara (2001). Org. Silva. G. C (2017).

- I. Se o valor for  $9 \leq n_2 \leq 20$ , a tabela 5, dará os valores críticos de  $U$  para níveis de significância de 0,001, 0,01, 0,025, 0,05, para um teste unilateral duplica-se esses valores para uma prova bilateral. Caso o valor observador  $U$  é maior que  $n_1 n_2 / 2$  e usar a seguinte interpretação  $U' = n_1 n_2 - U$ .

**Tabela 5** - Valores críticos de  $U$  no teste de Mann-Whitney.

Teste unilateral com $\alpha=0,001$ e um teste bilateral com $\alpha=0,002$											Teste unilateral com $\alpha=0,01$ e um teste bilateral com $\alpha=0,02$														
$n_2 \backslash n_1$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$n_2 \backslash n_1$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																									
2																		0	0	0	0	0	1	1	
3																									
4			0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	5
5	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	9
6	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	14
7	3	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	18
8	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	22	22	22	23
9	7	8	10	12	14	15	17	19	21	23	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	28
10	8	10	12	14	17	19	21	23	25	27	29	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	33	33	33	34
11	10	12	15	17	20	22	24	27	29	32	34	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38	39
12	12	14	17	20	23	25	28	31	34	37	40	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	43	43	43	44
13	14	17	20	23	26	29	32	35	38	42	45	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	49	49	49	50
14	15	19	22	25	29	32	36	39	43	46	50	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	55	55	55	56
15	17	21	24	28	32	36	40	43	47	51	55	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	60	60	60	61
16	19	23	27	31	35	39	43	48	52	56	60	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	66	66	66	67
17	21	25	29	34	38	43	47	52	57	61	66	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	71	71	71	72
18	23	27	32	37	42	46	51	56	61	66	71	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	77	77	77	78
19	25	29	34	40	45	50	55	60	66	71	77	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84
20	26	32	37	42	48	54	59	65	70	76	82	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	89	89	89	90

Teste unilateral com $\alpha=0,025$ e um teste bilateral com $\alpha=0,05$											Teste unilateral com $\alpha=0,05$ e um teste bilateral com $\alpha=0,1$														
$n_2 \backslash n_1$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$n_2 \backslash n_1$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																									
2	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
3	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
4	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
5	7	8	9	11	12	12	14	15	17	18	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
6	10	11	13	14	16	17	19	21	22	24	25	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
7	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	
8	15	17	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	
9	17	20	23	26	28	31	34	37	39	42	45	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	
10	20	23	26	29	33	36	39	42	45	48	52	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
11	23	26	30	33	37	40	44	47	51	55	58	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	
12	26	29	33	37	41	45	49	53	57	61	65	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	
13	28	33	37	41	45	50	54	59	63	67	72	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	
14	31	36	40	45	50	55	59	64	67	74	78	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
15	34	39	44	49	54	59	64	70	75	80	85	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
16	37	42	47	53	59	64	70	75	81	86	92	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
17	39	45	51	57	63	67	75	81	88	93	99	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	
18	42	48	55	61	67	74	80	86	93	99	106	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	
19	45	52	58	65	72	78	85	92	99	106	113	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	
20	48	55	62	69	76	83	90	98	105	112	119	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	

Fonte: Adaptado por Câmara (2001). Org. Silva. G. C (2017).

- II. Se  $n_2 > 20$ , a probabilidade deve ser calculada através de uma aproximação à distribuição normal, pela equação 20, onde:

$$z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (20)$$

Sendo assim, podem ocorrer empates em grandes amostras, para isso utiliza-se a equação 21, onde:

$$z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2}{N(N-1)} \left( \frac{N^3 - N}{12} - \sum T \right)}} \quad (21)$$

Se o indicador  $N = n_1 + n_2$  e  $T = \frac{t^3 - t}{12}$  sendo  $t$  o número de observações empatadas. Para o valor observado de  $U$  possuir probabilidade associada não superior a  $\alpha$ , é obrigatório rejeitar a hipótese nula.

### 2.6.5 Modelos de Box & Jenkins

Dentre as propostas metodológicas atuais, a metodologia indicada por Box-Jenkins, vem ganhando ênfase na previsão de séries temporais, e também sendo difundida em várias áreas do conhecimento como ciência climatológica e também na ciência hidrológica.

Onde Souza (2015), afirma que tais propostas metodológicas se baseiam em:

[...] A filosofia da modelagem Box e Jenkins se utiliza de duas ideias: o princípio da parcimônia e a construção de modelos através de ciclo iterativo. O princípio da parcimônia estabelece a escolha de um modelo com o menor número de parâmetros possíveis, para adequada representação matemática. O ciclo iterativo é uma estratégia de seleção de modelos a ser empreendidas até que tenhamos um modelo satisfatório. (SOUZA e CARMARGO, 1996, p. 27).

Na visão de Tibulo (2014), para os modelos que são caracterizados por ARIMA ou modelos autorregressivos integrados de médias móveis e, portando, sendo assim, deverão ser tratados matematicamente. De acordo com Danfá (2009), os modelos propostos por Box & Jenkins devem ser aplicados aos dados da série temporal e, então analisados matematicamente buscando identificar a correlação seriada ou autocorrelação.

Para tanto, os autores Box *et al.* (1994) subdividem os modelos ARIMA em quatro categorias:

- I. Modelos autorregressivos, identificados como modelos AR (p), que modelam as estruturas de autocorrelação da variável em relação a valores passados;
- II. Modelos de médias móveis, chamados de modelos MA (q), que englobam a estrutura de autocorrelação relacionada aos erros de previsão anteriores;
- III. Modelos autorregressivos e de médias móveis, simbolizados por ARMA (p, q)
- IV. Modelos autorregressivos integrados e de média móvel, chamados de modelos ARIMA (p, d, q), que usam diferenciações para tornar a série estacionária.

Ainda de acordo com os autores *op cit.*, a filtragem do ruído branco deve ocorrer através da média móvel, em modelos autorregressivos estacionário e deve ocorrer através da diferenciação se o modelo não for estacionário.

[...]. Os termos autorregressivos correspondem a defasagens na série transformada (série estacionária induzida por diferenciação) e as médias móveis correspondem a defasagens dos erros aleatórios. O termo integrado refere-se ao processo de diferenciação da série original uma das ferramentas utilizadas pela metodologia Box-Jenkins é a função de autocorrelação, que pode indicar o grau de dependência temporal existente, medindo o quanto os pares ordenados de observações estão relacionados, e tem seus valores variando entre -1 e +1. Também, pode-se recorrer à função de autocorrelação parcial, que mede a intensidade da relação entre duas observações da série temporal controlando para as demais. (Lúcio et al., 2010).

Para Morettin e Toloi (2006), o desenvolvimento dos modelos propostos através da metodologia proposta por Box e Jenkins, e a sua manipulação somente será facilitada através do conhecimento dos seus operadores.

A proposta de Souza (2015), com relação aos operadores, onde os mesmos devem ser representados de acordo com as equações:

- Operador de translação para o passado, ou simplesmente, operador de defasagem, denotado por  $B$ , e é definido através da equação 22, conforme:

$$BZ_t = Z_{t-1}, B^2Z_t = Z_{t-2}, \dots, B^mZ_t = Z_{t-m} \quad (22)$$

- Operador de translação para o futuro, denotado por  $F$ , e é definido mediante a equação 23, onde:

$$FZ_t = Z_{t+1}, F^2Z_t = Z_{t+2}, \dots, F^mZ_t = Z_{t+m} \quad (23)$$

- Operador de diferença, denotado por  $\Delta Z_t$ , e é representado através da equação 24, onde  $\Delta = (1 - B)$ ,  $d$  refere-se ao número de diferenças realizadas e  $Z_t$ , indica a série original.

$$\Delta Z_t = (1 - B)Z_t; \Delta^2 Z_t = (1 - B)^2 Z_t, \dots; \Delta^d Z_t = (1 - B)^d Z_t \quad (24)$$

- Operador de soma denotado por  $S$ , e é apresentado na equação 25, onde:

$$SZ_t = \sum_{j=0}^{\infty} Z_{t-j} = Z_t + Z_{t-1} + Z_{t-2} + \dots = (1 + B + B^2 + \dots)Z_t \quad (25)$$

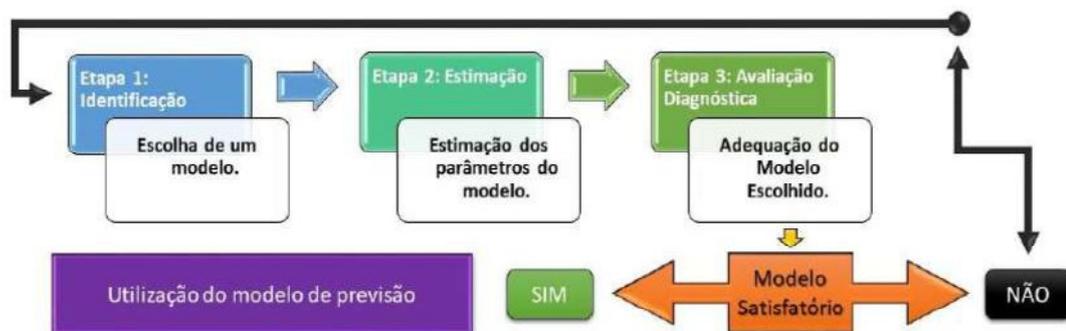
E é dada sequência na equação 26.

$$SZ_t = (1 - B)^{-1}Z_t = \Delta^{-1}Z_t \Rightarrow S = \Delta^{-1} \quad (26)$$

Ainda seguindo Souza (2015), enquanto a estruturação do modelo proposto pela base metodológica indicada por Box-Jenkins, esta apresenta certa flexibilidade, então vem a permitir a representação de inúmeras classes de séries temporais o que pode ser atribuído a séries estacionárias ou não estacionárias.

Enquanto a possível escolha que seja representativa quanto ao modelo ideal essa deve seguir os seguintes passos propostos de acordo com o organograma metodológico proposto por Gujarati & Porter (2011), e que consistem em estágios que também podem ser chamados de ciclos iterativos ou processos iterativos que estão representados na figura 5:

**Figura 5** - Ciclo iterativo de Box-Jenkins.



**Fonte:** Adaptado de Gujarati & Porter (2011). **Org.** Silva. G. C (2017).

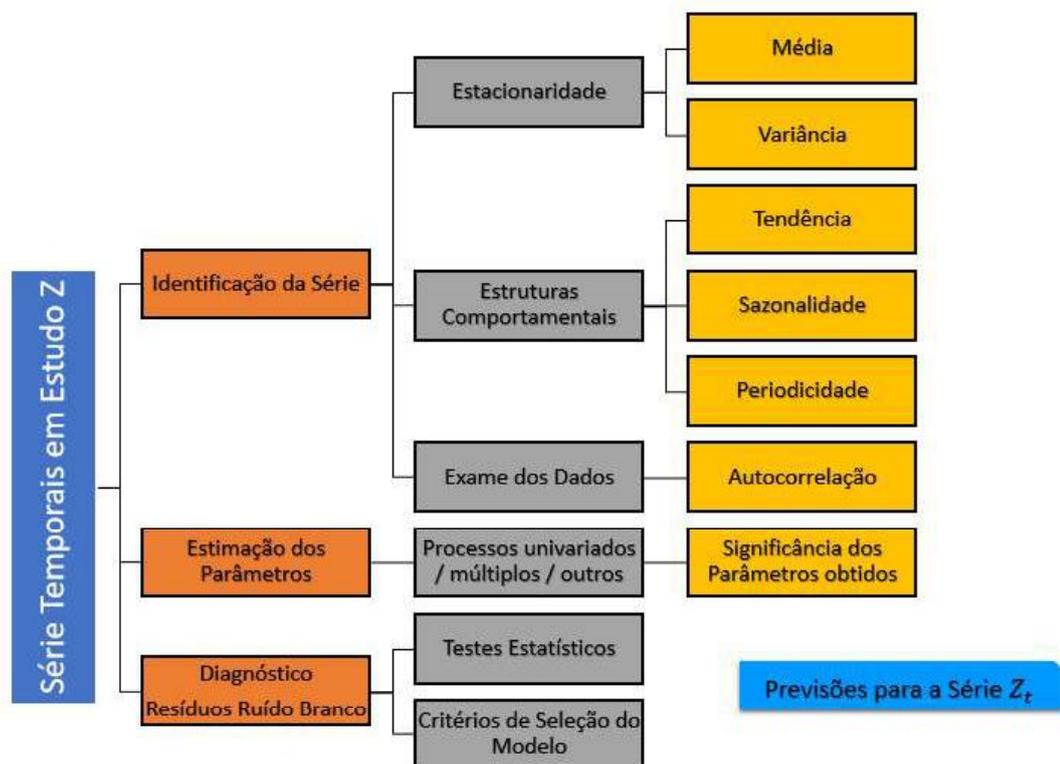
De acordo com Tibulo (2014), é necessário analisar cada fase do ciclo iterativo até

que seja possível a determinação do modelo adequado, para que então seja efetuada a análise proposta, para tanto, o mesmo autor resumiu as etapas da seguinte forma:

- Na fase de identificação é pesquisada qual a classe de modelos é adequada ao estudo por meio de um exame detalhado da série, onde é verificada a condição de estacionaridade, são reconhecidas as estruturas comportamentais como tendência, sazonalidade, periodicidades, e ainda são observadas as autocorrelações;
- Na fase da estimação é verificada a adequabilidade do modelo considerado a partir de parâmetros estimados, após a identificação das características da série, optando-se pelo processo apropriado aos dados (processos univariados, múltiplos e entre outros);
- Na fase de diagnóstico é feita a conferência do ajuste do modelo por meio da análise de resíduos, testes estatísticos e critérios de seleção/adequação de modelos.

Neste contexto metodológico, a figura 6 apresenta um esquema de análise de séries temporais hierarquizado, que permite o melhor entendimento referente às etapas a serem seguidas até chegar à previsão para a modelagem ideal do processo avaliado.

**Figura 6** - Aplicação dos métodos de análise de séries temporais em bacia hidrográficas.



**Fonte:** Tibulo (2014), adaptado de Barbiero, (2003, p.38). **Org.** Silva. G. C (2017).

Contudo, como a maior parte das expressões ao se trabalhar a análise estatística no contexto das séries temporais e/ou históricas, julga que as mesmas sejam estacionárias. Portanto, se as mesmas não forem, de acordo com Morettin e Tolo (2006), é necessário que se efetue uma transformação das séries não estacionárias em séries estacionárias, para tanto, o método mais simples de transformação, consiste em tornar diferenças sucessivas da série original até obter uma série estacionária

### 2.6.5.1 Modelo Autorregressivo

Conforme os estudos elaborados por Costa (2013), quando ocorre a autocorrelação entre as análises efetuadas em séries temporais ou históricas e que encontramos a origem da denominação do modelo *autorregressive* (autorregressivos) e, é no qual que se dá para explicar a existência de uma variável aleatória, portanto utiliza-se dos valores passados da mesma com o auxílio do erro aleatório expresso pelo indicador ( $\varepsilon_t$ ), sendo assim, de acordo com Box *et al.* (1994), o modelo proposto define-se por:

[...]. Esse modelo é paramétrico, ou seja, deve-se estabelecer sua ordem, que indica o número de defasagens a serem utilizadas como preditores, ou seja, as quantidades de valores passados são usadas para realizar a predição do atual (BOX, *et al.*, 1994).

E, portanto, quando analisa-se uma série temporal ( $Z_t$ ) que ocorre no instante ( $t$ ), encontramos um modelo que denomina-se AR( $p$ ) autoregressivo de ordem ( $p$ ). Onde ( $p$ ) deve indicar parâmetros que devem ser analisados, caso consta uma autocorrelação que seja satisfatória deve-se associar um erro aleatório (COSTA, 2013).

Sendo assim, a equação 27 define um processo AR( $p$ ) autoregressivo de ordem ( $p$ ) que conforme a proposta de Morettin *et al.* (2006), deve ser representado da seguinte forma, onde:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (27)$$

- $Z_t$  indica a observação no instante  $t$ , com  $t = 1, 2 \dots n$ .
- $\phi_i$  indica o parâmetro no modelo, com  $i = 1, 2 \dots p$ .
- $Z_{t-i}$  indica a observação no instante  $t - i$ , com  $i = 1, 2 \dots p$ .
- $a_t$  indica o erro aleatório no instante  $t$ , com média 0 e variância  $\sigma_a^2$ .

Nesse sentido, a condição para que uma série AR( $p$ ) adquira a condição de ser caracterizada como estacionária é preciso que  $|\phi| < 1$ , se  $\phi \geq 1$  e, o método passa a ser

estacionário com suas estimações deflagrando com o passar do tempo.

### 2.6.5.2 Modelo MA (Moving Average)

O modelo *Moving Average*, busca representar as diferenças existentes em erros passados e presentes, que também é caracterizado por ruído branco, e somente ocorre quando há autocorrelação entre os dados da série estudada (COSTA, 2013).

De acordo com a proposta metodológica de Box *et al.* (1994), o modelo MA pode ser analisado através de alterações de valores não preditos na representatividade da série histórica, cujo componente errôneo no instante ( $t$ ) apresenta relação ao valor da série no instante ( $t + 1$ ).

Para o modelo MA( $q$ ), deve ser representado conforme a equação 28 indicada pela proposta de (Morettin *et al.* 2006), onde:

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (28)$$

- $Z_t$  – indica a observação no instante  $t$ , com  $t = 1, 2, \dots, n$ ;
- $\theta_j$  – indica o parâmetro do modelo, com  $j = 1, 2, \dots, q$ ;
- $a_{t-j}$  – indica o erro aleatório no instante  $t - j$ , com  $j = 1, 2, \dots, q$ .

Vale ressaltar que em todo o processo de modelagem (MA) deve-se considerar que a série histórica em estudo é tratada como uma série histórica estacionária.

### 2.6.5.3 Modelo ARMA (Autorregressive Moving Average)

De acordo com BOX *et al.* (1994), o modelo ARMA( $p, q$ ) trata-se da união entre dois modelos AR( $p$ ) e MA( $q$ ), portanto a sua aplicabilidade destina-se a séries temporais em que os modelos possuem médias móveis e que sejam também modelos autorregressivos.

No modelo ARMA( $p, q$ ), a variável ( $p$ ) corresponde ao um processo autorregressivo e a variável ( $q$ ) refere-se ao grau de defasagem entre o erro e a variável encontrados na série histórica (COSTA, 2013).

O modelo ARMA( $p, q$ ) é visto matematicamente através da equação 29 elaborada conforme a proposta de (Morettin, *et al.* 2006), onde:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (29)$$

Os indicadores da equação representam:

- $Z_t$  – indica a observação no instante  $t$ , com  $t = 1, 2, \dots, n$ ;
- $\phi_i$  – indica o parâmetro do modelo autorregressivo, com  $i = 1, 2, \dots, p$ ;
- $Z_{t-i}$  – indica a observação no instante  $t - i$ , com  $i = 1, 2, \dots, p$ ;
- $\theta_j$  – indica o parâmetro do modelo de médias móveis, com  $j = 1, 2, \dots, q$ ;
- $a_{t-j}$  – indica o erro aleatório no instante  $t - j$ , com  $j = 1, 2, \dots, q$ ;
- $a_t$  – indica o erro aleatório no instante  $t$ , com média 0 e variância  $\sigma_a^2$

Sendo assim, os modelos (AR), (MA) e (ARMA) tem uma característica em comum, pois consideram modelos em que a série é estacionária  $d=0$ .

#### 2.6.5.4 Modelos SARIMA (Autorregressivos integrados de médias móveis sazonais)

Os modelos SARIMA, são caracterizados mediante a sua composição, onde em uma parte não é sazonal determinada pelos parâmetros  $(p, d, p)$  e a outra parte considerada sazonal é determinada através dos parâmetros  $(P, D, Q)$ s. Os parâmetros  $(p)$  e  $(P)$  indicam autorregressividade,  $(d)$  e  $(D)$  apontam o numero de diferenças,  $(q)$  e  $(Q)$  indicam os números de médias móveis, ambos parâmetros citados referem-se as duas partes sazonal e não-sazonal, o parâmetro  $(s)$  indica somente o período sazonal (SOUZA e SANTOS, 2014).

O modelo SARIMA, conforme Fischer (1982), foi criado para simbolizar um modelo ARIMA sazonal com a seguinte ordem  $(p, d, p) X (P, D, Q)$ s, conforme descrito na equação 30, onde:

$$\phi_p(B)\phi_p(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \theta_q(B)\theta_q(B^s)a_t \quad (30)$$

Ou, pode ser representado na seguinte forma análoga conforme indica a equação 31.

$$\phi_p(B)\phi_p(B^s)\Delta^d\Delta^D Z_t = \theta_q(B)\theta_q(B^s)a_t \quad (31)$$

De acordo com o modelo  $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$ , e indica o polinômio autorregressivo de ordem  $p$ .  $\phi_p(B^s) = (1 - \phi_1 B^s - \phi_2 B^{2s} - \dots - \phi_p B^{ps})$ , indica o polinômio autorregressivo sazonal de ordem  $P$ , estacionário.  $\Delta^d = (1 - B)^d$ , indica o operador diferença não-sazonal e  $d$  faz referência ao número de diferenças necessárias para retirar a tendência da série.  $\Delta_s^D = (1 - B^s)^D$ .

Com relação ao indicador  $B$  que indica o operador de diferença sazonal enquanto o  $D$  que indica o número de diferenças necessárias para retirar a sazonalidade da série.  $\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$ , é o polinômio médias móveis não-sazonal de ordem  $q$ .  $\theta_q(B^s) = (1 - \theta_1 B^s - \theta_2 B^{2s} - \dots - \theta_q B^{qs})$ , é o polinômio médias móveis sazonais de ordem  $Q$ , invertível.

A utilização dos modelos SARIMA em estudos ambientais, tem oferecido resultados favoráveis na modelagem e previsão de séries temporais, portanto, deve-se sempre escolher um modelo simples e capaz de abranger o foco central da proposta em estudo (REISEN *et al.* 2008).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise realizada neste trabalho, não possui uma abordagem direta em campo devido à dimensão da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba e, por não atender aos objetivos propostos.

Portanto, a abordagem indireta, foi realizada mediante a pesquisa totalmente teórica e bibliográfica em diversas fontes que tratavam dos assuntos referentes à pesquisa, ou a área de estudo.

Neste contexto, buscou-se organizar o banco de dados cartográficos que foram importantes para a representação de uso e ocupação dos solos, bem como, compilar e analisar dados das séries históricas de precipitações e de vazões disponíveis e que eram compatíveis com o período avaliado.

#### 3.1 Materiais

Com relação aos materiais utilizados para o desenvolvimento deste estudo dissertativo podem ser destacados:

##### ❖ *Hardwares*

- Notebook: COMPAQ® PRESSÁRIO CQ23;
- Processador: Intel Celeron® N2830 2,16GHz;
- Memória Interna: 4 Gigabytes;
- Hard Drive (HD): 500 Gigabytes.

##### ❖ *Softwares:*

- Sistema Operacional *Windows*® 10 Pro;
- *Microsoft Office*® 2016;
- Família ArcINFO /ArcGIS 10.2® *Environmental Systems Research Institute* – ESRI;
- Programa Hidro® (Sistema de Informações Hidrológicas) 1.2.1.292.

### ❖ *Fontes de Dados*

- Imagens do *software Google Earth Pro*®;
- Imagens do Satélite *LANDSAT 5* (Sensor TM) em abril de 2016;
- Imagens pertencentes ao Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) em abril de 2016;
- Imagens pertencentes ao Projeto TERRACLASS Cerrado do Ministério do Meio Ambiente (MMA) em maio de 2016;
- Imagens do Satélite *LANDSAT 8* (Sensor ETM+) em maio de 2016;
- Cartas Topográficas pertencentes ao Mapeamento Sistemático Brasileiro efetuado pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- Arquivos Vetoriais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (hidrografia, limite da Carta, curvas de nível, etc.);
- Outros produtos cartográficos já existentes sobre a área de estudo;
- Dados Pluviométricos disponíveis das estações da Agência Nacional das Águas (ANA) em fevereiro de 2016;
- Dados Fluviométricos disponíveis das estações da Agência Nacional das Águas (ANA) em fevereiro de 2016;
- Outros dados com relação a estudos sobre as precipitações e as vazões já existentes e relevantes sobre alguns segmentos pertencentes a área de estudo.

### **3.2 Elaboração do Referencial Teórico**

O desenvolvimento técnico do trabalho, partiu inicialmente da construção do referencial teórico-metodológico-conceitual. Para tanto, foi feita uma abordagem com relação à abrangência da temática abordada na presente pesquisa destacando assim a importância da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba para o cenário regional e nacional.

Nesse contexto, as pesquisas foram executadas em diversas fontes como sítios online, bibliotecas, entre outros. Assim, uma vasta gama de artigos, livros, periódicos, revistas científicas, teses, dissertações, ou seja, qualquer fonte de informação científica que abordava a temática proposta ou que fazia alguma referência à bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

### 3.3 Aquisição dos dados para o georreferenciamento

Com relação a aquisição dos arquivos para a elaboração do acervo digital, que corresponde aos dados georreferenciais necessários para as bases dos mapeamentos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. O primeiro passo executado foi a aquisição dos arquivos através do *download* em sites específicos e, pertencentes ao Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), Projeto TERRACLASS Cerrado, e no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Vale ressaltar que o projeto PROBIO e o projeto TERRACLASS, são projetos desenvolvidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Por conseguinte, optou-se em definir qual seria a escala cartográfica que atenderia a proposta de mapeamento e, mediante tal desafio, buscou-se quanto a representatividade visual dos dados. Sendo assim, a escala cartográfica adotada e que melhor viria a representar a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, pois devido a sua extensão territorial foi a escala cartográfica de 1:250.000.

De acordo com Martins (2013), trata-se de uma escala cartográfica transitória e importante, sendo uma escala cartográfica de semi-detalle.

A utilização da escala 1:250.000 aplica-se na confecção de mapas que necessitam certa acurácia com relação aos detalhamentos da região e, principalmente de acordo com o mesmo autor *op. cit.* a escala cartográfica 1:250.000 possui certa expressividade principalmente quando é adotada para representar grandes regiões.

Já com as bases digitais consolidadas, optou-se em elaborar os mapas referentes ao uso e ocupação dos solos de acordo com os períodos representados na tabela 6. Sendo então determinado os anos de 1985, 2003, 2013 e, assim escolhidos mediante a sua representatividade para com o período analisado de 1975 a 2013, permitindo então contemplar as fases inicial, intermediária e contemporânea, sendo estas correspondentes ao processo de uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Ressalta-se que, a sequência para a elaboração e confecção dos mapas de uso e ocupação dos solos seguiu a seguinte ordem, sendo inicialmente o mapa de 2003, 2013 e 1985, e, portanto, não foi adotada uma sequência cronológica.

**Tabela 6** - Períodos para os mapeamentos de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

FASE	PERÍODO DETERMINADO DO MAPEAMENTO	BASE CARTOGRÁFICA
INICIAL	Mapa de Uso e Ocupação 1985	Imagens do Satélite <i>LANDSAT</i> 8 (Sensor ETM+); Cartas Topográficas pertencentes ao Mapeamento Sistemático Brasileiro efetuado pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INTERMEDIÁRIA	Mapa de Uso e Ocupação 2003	Imagens do Satélite <i>LANDSAT</i> 5 (Sensor TM); Imagens pertencentes ao Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) do Ministério do Meio Ambiente (MMA).
CONTEMPORÂNEA	Mapa de Uso e Ocupação 2013	Imagens pertencentes ao Projeto TERRACLASS Cerrado do Ministério do Meio Ambiente (MMA); Imagens do Satélite <i>LANDSAT</i> 8 (Sensor ETM+)

Fonte: Silva. G. C (2017).

### 3.3.1 Elaboração do mapa de uso e ocupação dos solos do ano de 2003 (PROBIO)

As imagens *Landsat-5* de órbita-ponto, foram adquiridas junto Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO). O primeiro passo a ser feito para o trabalho de processamento digital das imagens *Landsat-5*, foi o de composição das bandas espectrais no Sistema RGB, utilizando-se o arranjo 4,5 e 3.

A análise dos processos de composição das bandas espectrais do sistema RGB (4, 5, e 3), são correspondentes ao comprimento espectral referente aos canais infravermelho próximo (0,76-0,90  $\mu\text{m}$ ), infravermelho médio (1,55-1,75  $\mu\text{m}$ ) e vermelho (0,63-0,69  $\mu\text{m}$ ).

Após a execução deste procedimento, tornou-se possível realizar todo o processamento digital das imagens e com aplicação de contraste linear obteve-se um maior realce de cores, esse método engloba a transferência radiométrica em cada pixel e, tem a função de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem. Sendo assim, todo tratamento das imagens *Landsat 5* foi executado através do sistema de informações geográficas pertencente ao *software* ArcGis®.

Para a vetorização do mapa de uso e ocupação dos solos de 2003 da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, destaca-se que as cenas correspondentes ao esquema das imagens de sensoriamento remoto seguiram quanto a ordem cronológica indicada na figura 7, e a tem a função de apontar os períodos orbitais do satélite *Landsat 5*.

**Figura 7** - Datas das imagens do satélite *Landsat5* sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	
62									21/06 24/08	17/08	23/06 26/08			62
63									24/08	02/09 20/10	22/05 26/08 13/10			63
64							22/08	28/06	24/08	17/08	03/05 20/05 26/08 13/10			64
65							22/08	28/06	24/08	13/05 20/10	20/04 10/08 13/10			65
66							22/08	21/12	11/10	13/05 20/10	09/07 13/10			66
67						12/07 16/10	22/08	21/12	11/10	13/05 18/09	20/04 13/10	06/10		67
68	16/08		05/10			17/09 17/11	21/07	02/10	11/10	30/06 02/09	20/04 13/10	29/04 06/10		68
69	16/08	25/08	03/09	11/08 12/09	04/08 20/08	17/09 17/11	19/06 22/08	20/10	07/07 11/10	02/09	20/04 13/10	29/04 06/10		69
70	31/07	25/08	05/10	12/09	04/08 20/08	17/11	22/08	16/09	11/10	18/09	09/07 13/10	29/04 06/10 22/10		70
71			17/07	08/06 15/10	04/08 05/09	26/06	06/08	11/02	11/10	18/09	27/09	29/04 09/09 06/10	21/03 15/10	71
72		26/09	01/07	28/09	08/11	26/06 16/10	31/03 03/06	15/08	11/10	20/10	13/10	28/03 03/08 22/10	15/10	72
73				28/09	04/08	30/09	06/08	15/08	11/10	20/10	13/10	02/07 09/09 06/10	13/09 04/10	73
74				28/09	04/08	30/09	06/08	02/10	11/10	20/10	13/10	02/07 09/09 06/10	20/06 15/10	74
75				28/09	21/09	28/07	06/08	02/10	25/09	02/09	13/10			75
76				28/09	21/09	01/11		03/11	11/10	02/09	07/06 13/10			76
77									11/10	02/09				77
	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	

Fonte: PROBIO (2002). Org. Silva. G. C (2017).

Durante todo o processo de mapeamento, foi necessário adquirir duas ou mais cópias de algumas imagens que apresentaram problemas referentes a presença de nuvens. E como se pode constatar na figura 8, grande parte das imagens foram adquiridas nos meses de agosto, setembro e outubro, tratando-se do período considerado de seca existente na região.

Contudo, foi necessário que um total de 33% das imagens adquiridas teve que passar pelo processo de combinação de duas cenas da mesma área devido ao grande número de nuvens e que deixavam impossível a visualização e identificação da cobertura dos solos.

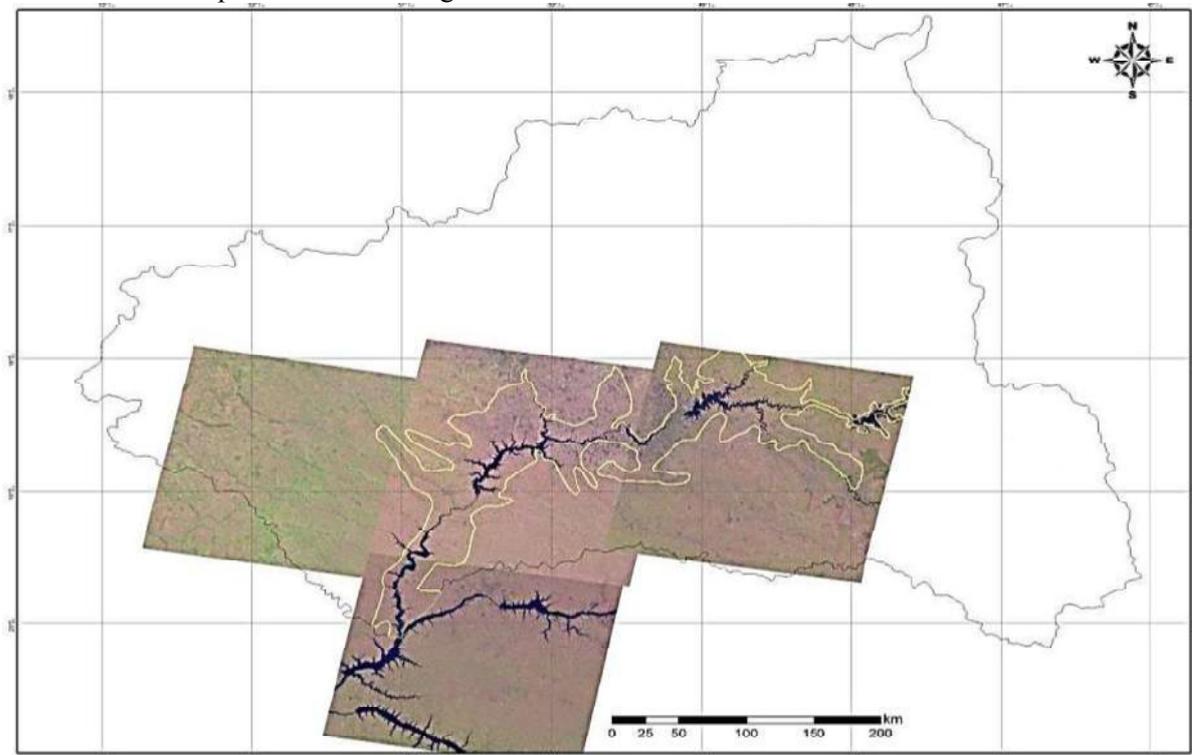
Posteriormente, para que fosse possível criar o mosaico de imagens, utilizou-se o *software* ENVI®, pois o mesmo admite o desenvolvimento da técnica de equalização de histograma, técnica esta que se baseia no agrupamento de uma ou mais imagens e, partindo deste agrupamento considera-se uma delas como sendo a imagem de referência.

De acordo com Shimabukuro *et al.* (2002), para o desenvolvimento da técnica de

equalização de histogramas, deve-se sempre adotar um método estatístico que seja baseado na função de distribuição cumulativa.

Para houvesse a cobertura total da área pelas imagens do sensoriamento remoto, uma vez que o projeto PROBRIO contempla somente as áreas recobertas pelo bioma Cerrado deixando assim uma lacuna referente ao bioma Mata Atlântica, e buscando suprir tal deficiência foi necessário adquirir imagens complementares fornecidos pelo satélite Landsat5, conforme representado na figura 8 indicando a faixa territorial a ser preenchida pelas imagens representadas pelos códigos (221/73, 222/73, 222/74 e 223/73).

**Figura 8** - Datas e órbita/ponto das imagens do satélite *Landsat5* para o mapeamento do uso e ocupação dos solos em 2003 para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



**Fonte:** Earth Explorer (USGS) (2015). **Org.** Silva. G. C (2017).

O recorte da imagem basicamente consistiu em delimitar a área da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, através de uma máscara e os pixels que não fizeram parte deste contexto, neste momento foram excluídos e com isso todos os polígonos ou segmentos gerados foram transferidos para o *software* ArcGIS 10.2<sup>®</sup>.

Com relação a classificação dos pontos das imagens houve a associação dos pontos correspondendo-os a uma classe ou grupo, chamadas aqui de classes de uso e ocupação e, conforme observado na tabela 7 as classes semelhantes foram agrupadas e serão interpretadas como sendo uma classe única

**Tabela 7** - Classes Agrupadas e inseridas em Vegetação Natural para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

REGIÃO FITOECOLÓGICA	NÍVEL DE FORMAÇÃO	NÍVEL DE SUBFORMAÇÃO	SÍMBOLO
Floresta Estacional Semidecidual (F)	Aluvial	-	<b>Fa</b>
	Terras baixas	-	<b>Fb</b>
	Submontana	-	<b>Fs</b>
	Montana	-	<b>Fm</b>
Floresta Estacional Decidual (C)	Terras baixas		<b>Cb</b>
	Submontana		<b>Cs</b>
	Montana		<b>Cm</b>
Savana (S)	Florestada	-	<b>Sd</b>
	Arborizada	Sem floresta de galeria	<b>Sas</b>
		Com floresta de galeria	<b>Saf</b>
	Parque	Sem floresta de galeria	<b>Sps</b>
		Com floresta de galeria	<b>Spf</b>
	Gramíneo- lenhosa	Sem floresta de galeria	<b>Sgs</b>
		Com floresta-de-galeria	<b>Sgf</b>

**Fonte:** Earth Explorer (USGS) (2015). **Org.** Silva. G. C (2017).

No presente estudo optou-se em efetuar a classificação supervisionada, o que de acordo com Rosa (2009), essa etapa classificativa consiste em identificar as classes de informações (tipos de cobertura do solo) existentes na imagem, para que posteriormente seja desenvolvida uma distinção estatística das reflectâncias, tal caracterização estatística é aplicada para cada classe de uso e ocupação.

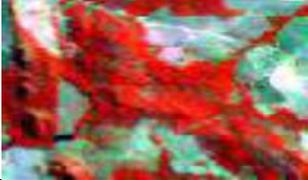
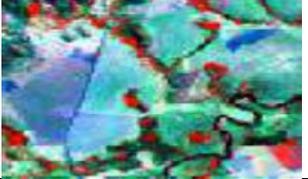
Nesse tipo de classificação, foi necessário o conhecimento prévio dos tipos específicos de cobertura do solo pertencentes a área de estudo, no entanto foi aplicada a técnica de classificação supervisionada para as classes de uso e ocupação caracterizadas como corpos d'água, agricultura, vegetação natural, pastagem e silvicultura. No entanto, além da classificação supervisionada foi utilizada a técnica mista que é baseada na vetorização manual das classes ou grupos definidos nas imagens, e para tal procedimento utiliza-se o *software* ArcMap10.2®.

Foi empregada a técnica mista para as classes de uso e ocupação dos solos categorizadas como influência urbana e influência mineral. No entanto com a criação de uma chave interpretativa das composições das bandas coloridas RGB, permitiu uma análise mais acurada das imagens correspondentes ao sensoriamento remoto, pois com o auxílio destas chaves interpretativas pode analisar as características tonais, texturais e das formas geométricas existentes nas classes do mapeamento.

Conforme foi representado na tabela 8 que tem a função de exemplificar uma chave de interpretação utilizada para caracterizar a cobertura vegetal durante o processo de

mapeamento da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

**Tabela 8** - Exemplo de uma chave de interpretação utilizado para o mapeamento de cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

CLASSE DE COBERTURA VEGETAL	PADRÕES CARACTERÍSTICOS DA INTERPRETAÇÃO	EXEMPLO NUMA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB 453
Savana Arborizada (Sa)	<b>Padrão de Cor:</b> vermelho brilhante; <b>Textura:</b> intermediária a rugosa; <b>Forma Geométrica:</b> irregular	
Savana Parque (Sp)	<b>Padrão de Cor:</b> verde escuro; <b>Textura:</b> intermediária a rugosa; <b>Forma Geométrica:</b> irregular	
Pastagem Cultivada (Ap)	<b>Padrão de Cor:</b> verde azulado; <b>Textura:</b> intermediária a lisa; <b>Forma Geométrica:</b> regular	

Fonte: PROBIO (2002). Org. Silva. G. C (2017).

Com relação a reprodução das imagens do sensoriamento remoto em papel, deve-se atentar quanto as principais combinações entre as bandas espectrais RGB, buscando sempre uma combinação que melhor poderá ser reproduzidas, de acordo com a tabela 9 pode-se avaliar a possíveis combinações entre as bandas espectrais (DGI, 2008).

**Tabela 9** - Principais combinações de bandas para tratamento computacional para representação em papel.

TIPOS DE BANDAS	REPRESENTAÇÕES EM PAPEL
3 – 2 – 1	Imagens em "cor natural", com boa penetração na água, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos. A vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.
4 – 3 – 2	Define melhor os limites entre o solo e a água, ainda mantendo algum detalhe em águas pouco profundas, e mostrando as diferenças na vegetação que aparece em tonalidades de vermelho.
3 – 4 – 5	Mostra mais claramente os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades de verde e rosa.
2 – 4 – 7	Mostra a vegetação em tons verdes e permite discriminar a umidade tanto na vegetação como no solo.

Fonte: DGI (2008). Org. Silva. G. C (2017).

### 3.3.2 A base de dados do TERRACLASS para o mapeamento de uso e ocupação dos solos 2013

Para efetuar o mapeamento referente ao uso dos solos em 2013, a aquisição dos dados georreferenciais foi executada por meio do download de arquivos disponíveis no site do projeto TERRACLASS CERRADO, projeto este pertencente ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Após a conclusão do *download* referente ao mosaico das imagens que serão utilizadas para o mapeamento de uso e ocupação dos solos no período de 2013 da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, foi formado um banco de dados com imagens pertencentes ao satélite *Landsat8/OLI (Operational Land Imager)*.

Posteriormente, todo tratamento acerca das imagens do sensoriamento remoto, foram executados através do *software* ENVI<sup>®</sup> e, portanto, foi necessário a conversão das bandas 4, 5 e 6 do satélite *Landsat8/OLI* de nível cinza com 16 bits/pixel para valores de reflectância aparente ou topo da atmosfera. Ressalta-se que com a edição das bandas 4,5 e 6 é possível destacar toda a vegetação em tons vermelhos bem destacados, o que vem a possibilitar uma melhor classificação tanto a nível visual quanto a nível de desenvolvimento estatístico pelos *softwares* ArcMap10.2<sup>®</sup> ou pelo ENVI<sup>®</sup>.

Buscando destacar a faixa espectral correspondente as bandas 4, 5 e 6, foi elaborada a tabela 10 que permite identificar além do comprimento da faixa espectral o tipo de banda correspondente, sendo assim:

**Tabela 10** - Tipos de bandas utilizadas no Projeto TERRACLASS (2013).

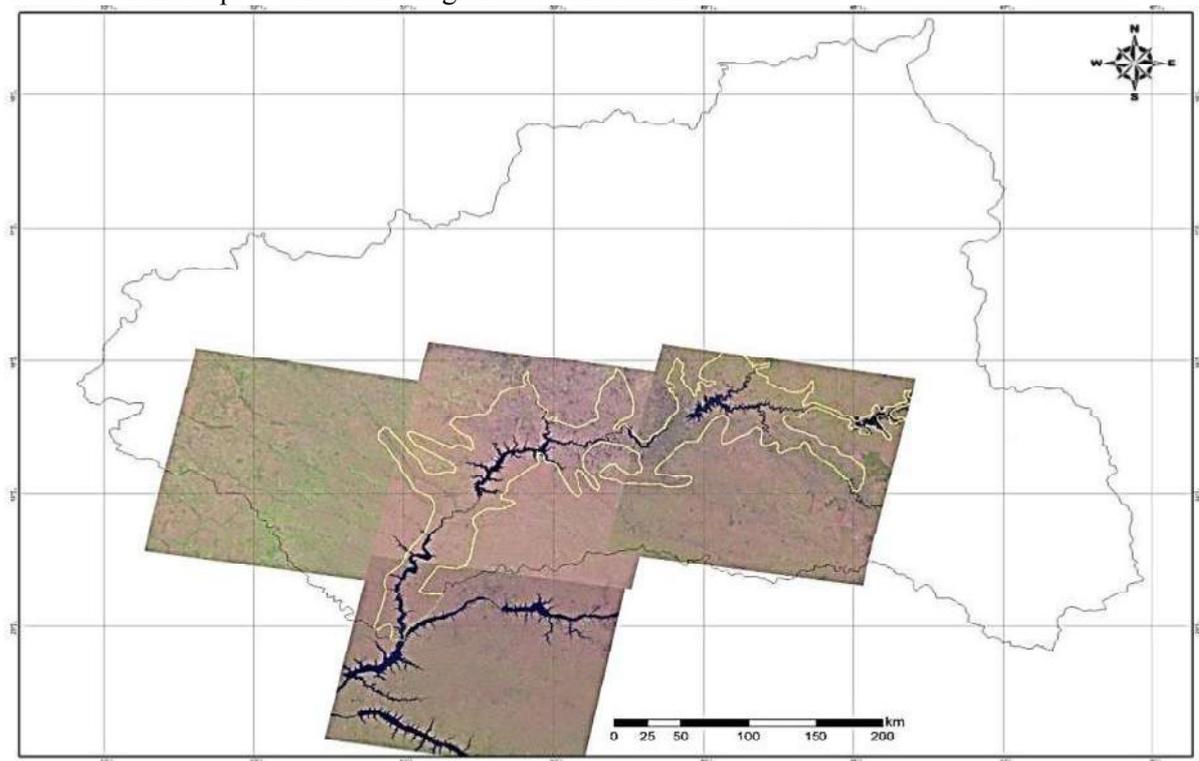
TIPO DE BANDA		FAIXA ESPECTRAL
4	Região do Vermelho	0,64 – 0,67 $\mu\text{m}$
5	Região do Infravermelho Próximo	0,85 – 0,88 $\mu\text{m}$
6	Região do Infravermelho de Ondas Curtas	1,57 – 1,65 $\mu\text{m}$

**Fonte:** TERRACLASS (2013) .Org. Silva. G. C (2017).

Conforme aconteceu no projeto PROBIO 2003, o projeto TERRACLASS 2013 que também foi elaborado pelo Ministério do meio ambiente (MMA) objetivou mapear a cobertura vegetal pertencente ao bioma Cerrado, apresentando assim uma faixa em vazio pertencente ao bioma Mata Atlântica.

Para solucionar tal problema, optou-se pelo *download* das imagens complementares através do site *Earth Explorer* (USGS), sendo as imagens pertencentes ao satélite *Landsat8* e como pode ser avaliado na figura 9 que tem a função de indicar a faixa territorial, bem como, as imagens necessárias para tal preenchimento que são representadas pelos códigos (221/73, 222/73, 222/74 e 223/73)

**Figura 9** - Datas e órbita/ponto das imagens do satélite *Landsat8* para o mapeamento do uso e ocupação dos solos em 2013 para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

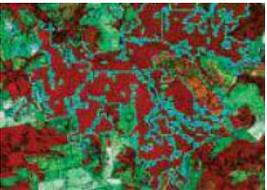
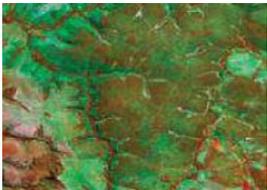
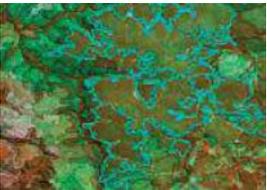
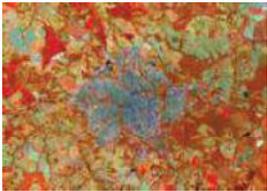
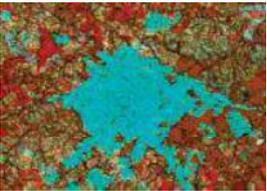
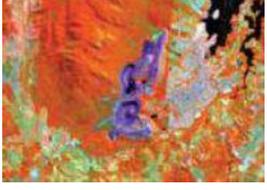
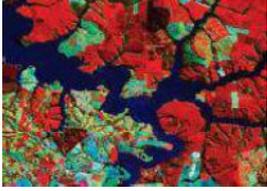
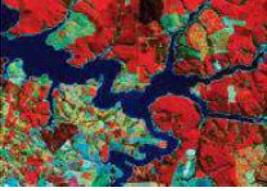


**Fonte:** Earth Explorer (USGS) (2015). **Org.** Silva. G. C (2017).

Com relação a exportação e disponibilização dos dados vetoriais gerados em *shapefile*, bem como a correção da topologia, ambas foram executadas mediante os recursos do *software* ArcGIS10.2<sup>®</sup>, que permitiu elaborar também todo o recorte da imagem delimitando assim a área da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba e, através de uma máscara permitiu que os pixels que não fizeram parte deste contexto, neste momento foram excluídos.

A chave de classificação utilizada no projeto TERRACLASS e representada na tabela 11, traz alguns exemplos aplicados durante o mapeamento de uso e ocupação dos solos, auxiliando assim, quanto a identificação das classes de uso e ocupação dos solos através das bandas 5R,6G e 4B, em uma escala cartográfica de abordagem de 1:250.000.

**Tabela 11** - Exemplo de algumas classes adotadas pelo projeto TERRACLASS (2013) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

FEIÇÕES MAPEADAS	IMAGEM LANDSAT8 (OLI) RGB – 5,6 E 4	IMAGEM LANDSAT8 SEGMENTADA	ITERPRETAÇÃO VISUAL
Florestal			<p><b>Cor:</b> Vermelho.  <b>Tonalidade:</b> Escuro.  <b>Textura:</b> Rugosa.  <b>Forma:</b> Irregular a Regular.  <b>Contexto:</b> Áreas com vegetação arbórea com predominância de dossel contínuo.</p>
Não Florestal - Savânica			<p><b>Cor:</b> Vermelho.  <b>Tonalidade:</b> Média a Escura.  <b>Textura:</b> Intermediária a Rugosa.  <b>Forma:</b> Irregular.  <b>Contexto:</b> Áreas de Vegetação Arbórea arbustivos-herbáceas com árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno.</p>
Áreas Urbanas			<p><b>Cor:</b> Azul.  <b>Tonalidade:</b> Médio.  <b>Textura:</b> Rugosa.  <b>Forma:</b> Regular e Irregular.  <b>Contexto:</b> Áreas edificadas, pequenos distritos, lugarejos, vilas com poucas estruturas urbanísticas.</p>
Agricultura Anual			<p><b>Cor:</b> Magenta ou verde claro.  <b>Tonalidade:</b> Clara e Média.  <b>Textura:</b> Lisa.  <b>Forma:</b> Regular.  <b>Contexto:</b> Áreas de solo exposto ou vegetadas, geralmente composta por uma única espécie de interesse comercial.</p>
Mineração			<p><b>Cor:</b> Roxo.  <b>Tonalidade:</b> Médio a Escuro.  <b>Textura:</b> Rugosa.  <b>Forma:</b> Irregular.  <b>Contexto:</b> Presença de afloramento de rochas, clareiras e incluindo poços de rejeitos.</p>
Corpos D'água			<p><b>Cor:</b> Azul escuro a preto  <b>Tonalidade:</b> Escura.  <b>Textura:</b> Lisa.  <b>Forma:</b> Irregular.  <b>Contexto:</b> Áreas contidas por represas, lagos e rios.</p>

Fonte: TERRACLASS (2013).Org. Silva. G. C (2017).

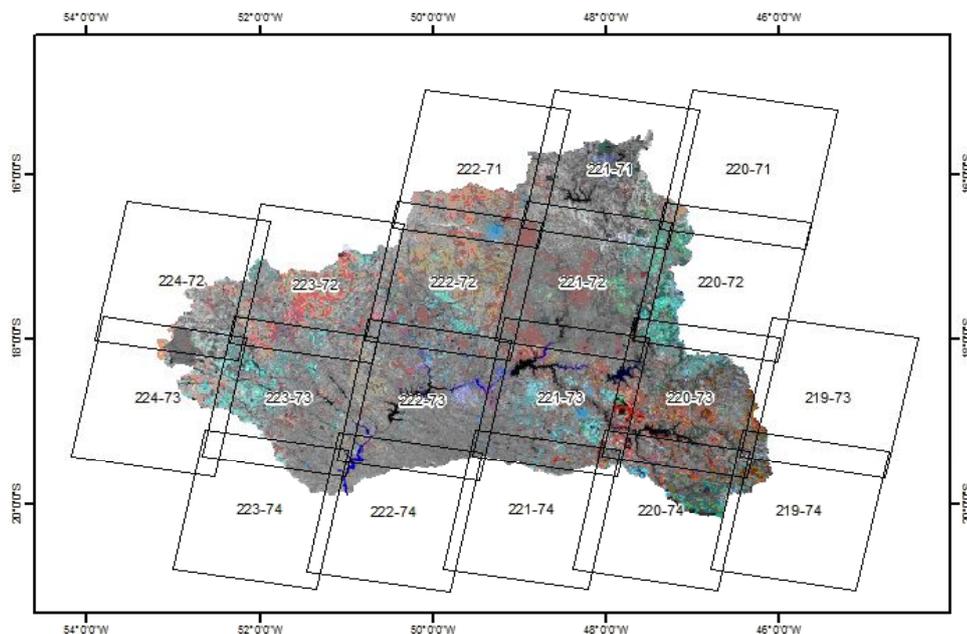
Neste mapeamento a correção da topologia foi executada pelo *software* ArcGIS10.2<sup>®</sup>, e quanto ao processo de mapeamento utilizou-se o *software* ArcMap10.2<sup>®</sup>, que permitiu executar a classificação supervisionada das classes de uso e ocupação dos solos e, para tanto, também foi utilizada a técnica mista que através da edição manual buscou minimizar os erros de comissão e omissão na classe de uso e ocupação referente a influência urbana.

### 3.3.3 A base de dados para o mapeamento de uso e ocupação dos solos em 1985

Para a organização e gerenciamento do banco de imagens, que permitiu a caracterização do uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba durante o período de 1985, foi obtido mediante o *download* dos arquivos do satélite *Landsat5 TM*, *Datum* SIRGAS-2000, através do site do INPE pelo endereço (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>).

Sendo assim, o banco de imagens para o mapeamento de uso e ocupação referente ao ano de 1985 da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, foi composto por 19 cenas conforme a figura 10. Vale ressaltar que o principal problema encontrado também foi referente ao alto índice de nuvens e, então optou-se em seguir a escala temporal quanto a cobertura do satélite *Landsat*, limitando-a para o período de sazonal referente a seca na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba se que abrange os meses de agosto, setembro e outubro.

**Figura 10** - Cenas TM/*Landsat5* que cobrem a área da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



Fonte: Adaptado de Sano e Rosa (2014).

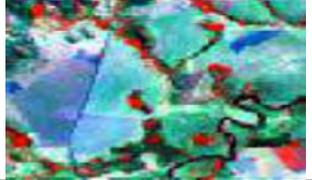
Com relação as imagens que apresentaram alguma interferência devido as nuvens, foi executado através do *software* ArcGIS10.2<sup>®</sup>, onde foi possível utilizar o método de equalização de histogramas, e seguindo a proposta de Sano e Rosa (2014), que afirmam quanto a importância da utilização do método de equalização de histogramas, pois o método permite que seja elaborado o agrupamento de duas ou mais imagens, e assim considera-se umas delas como sendo a imagem referencial.

Com relação ao recorte da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba durante o mapeamento de 1985, buscou também seguir a metodologia proposta por Sano e Rosa (2014), onde:

O recorte da imagem consiste em delimitar, através do uso de uma máscara, a região de estudo. Os pixels da imagem que não fazem parte da região de estudo passam a ser desconsiderados a partir dessa função. Nesse estudo, a máscara correspondeu ao limite da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, limite este elaborado a partir dos dados SRTM.

A interpretação visual das imagens foi baseada na composição colorida 4R5G3B, conforme a chave de identificação proposta para o presente mapeamento de uso e ocupação dos solos exemplificada na tabela 12 e, por conseguinte os polígonos gerados através da segmentação das imagens foram convertidos para o formato *shapefile* e transferidos para o *software* ArcView GIS 10.2<sup>®</sup>.

**Tabela 12** - Exemplo de uma chave de interpretação utilizado para o mapeamento de uso e ocupação dos solos de 1985, relacionado a cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

CLASSE DE COBERTURA VEGETAL	PADRÕES CARACTERÍSTICOS DA INTERPRETAÇÃO	EXEMPLO NUMA COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB 453
Savana Arborizada (Sa)	<b>Padrão de Cor:</b> vermelho brilhante; <b>Textura:</b> intermediária a rugosa; <b>Forma Geométrica:</b> irregular	
Savana Parque (Sp)	<b>Padrão de Cor:</b> verde escuro; <b>Textura:</b> intermediária a rugosa; <b>Forma Geométrica:</b> irregular	
Pastagem Cultivada (Ap)	<b>Padrão de Cor:</b> verde azulado; <b>Textura:</b> intermediária a lisa; <b>Forma Geométrica:</b> regular	

Fonte: PROBIO (2002) .Org. Silva. G. C (2017).

Com relação as bandas espectrais adotadas para o mapeamento de uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba toda segmentação seguiu a proposta de Sano e Rosa (2014), de acordo com a tabela 13, onde:

**Tabela 13** - Tipos de bandas utilizadas no mapeamento do uso e ocupação dos solos no período de 1985 para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

TIPO DE BANDA		FAIXA ESPECTRAL
3	Região do Vermelho	0,63 – 069 $\mu\text{m}$
4	Região do Infravermelho Próximo	0,76 – 0,90 $\mu\text{m}$
5	Região do Infravermelho de Ondas Curtas	1,55 – 1,75 $\mu\text{m}$

Fonte: SANO E ROSA (2014). Org. Silva. G. C (2017).

Posteriormente, foi permitido associar cada segmento a uma classe de uso e ocupação dos solos sendo elas categorizadas como influência mineral, corpos d'água, influência urbana, agricultura, pastagem, vegetação natural, silvicultura (reflorestamento), sendo assim, todas as classes categorizadas foram compatíveis com os mapeamentos de uso e ocupação dos solos de 2003 e de 2013.

No mapeamento de uso e ocupação dos solos de 1985 utilizou-se o *software* ArcMap10.2<sup>®</sup>, e para efetuar a classificação supervisionada das classes de uso e ocupação dos solos, optou-se em utilizar também a técnica mista.

Visto que todo mapeamento foi feito diretamente na tela do notebook e, para tanto, preocupou-se também em manter a escala cartográfica de visualização de 1:250.000, foi possível findar assim todas as propostas referentes aos mapeamentos propostos quanto ao uso e ocupação dos solos na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

### **3.4 Seleção de dados fluviométricos da rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA).**

Quanto a seleção dos dados fluviométricos e pluviométricos relacionados as estações localizadas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, foram feitas buscando atender as seguintes propostas: delimitou-se a seleção para as estações que somente possuíam dados relativos ao período compreendido entre os anos de 1975 a 2013 e que permitissem uma possível correlação com os dados obtidos através dos mapeamentos de uso e ocupação dos solos.

Sendo assim, a primeira coisa a se fazer foi estipular o período correspondente para o tratamento estatístico dos dados fluviométricos e pluviométricos, conforme expresso na tabela

14, que tem a função de apresentar o período geral correspondente aos 38 anos compreendidos de 1975 a 2013, bem como, os subperíodos correspondentes a segmentação do período geral de análise, sendo a primeira segmentação correspondente ao período de 1975 até o ano de 1985 e, a segunda segmentação limitou-se ao período de 1985 à 2003 e a terceira e última segmentação compreende o período final que vai de 2003 à 2013.

Para tanto, um fator importante durante a segmentação consistiu em delimitar o período final das segmentações de forma que os mesmos coincidam com o período proposto para o mapeamento de uso e ocupação dos solos.

**Tabela 14** - Divisão proposta para análise estatística dos dados fluviométricos e pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

PERÍODOS	Divisão Proposta	Total/Anos	Dados Fluviométricos Calculados		
			Vazão Máxima	Vazão Média	Vazão Mínima
Período Geral	1975 – 2013	38	✓	✓	✓
1ª Segmentação	1975 – 1985	10	✓	✓	✓
2ª Segmentação	1985 – 2003	19	✓	✓	✓
3ª Segmentação	2003 – 2013	10	✓	✓	✓

Fonte: Silva. G. C (2017).

A coleta dos dados fluviométricos, foi feita através do *download* dos dados e foi executada no sitio eletrônico do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) no endereço (<http://hidroweb.ana.gov.br/default>) pertencente a Agência Nacional de Águas (ANA), conforme representado na figura 11.

**Figura 11** - Sitio eletrônico do Sistema de informações hidrológicas (HIDROWEB) da ANA utilizado para aquisição dos dados pluviométricos e fluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

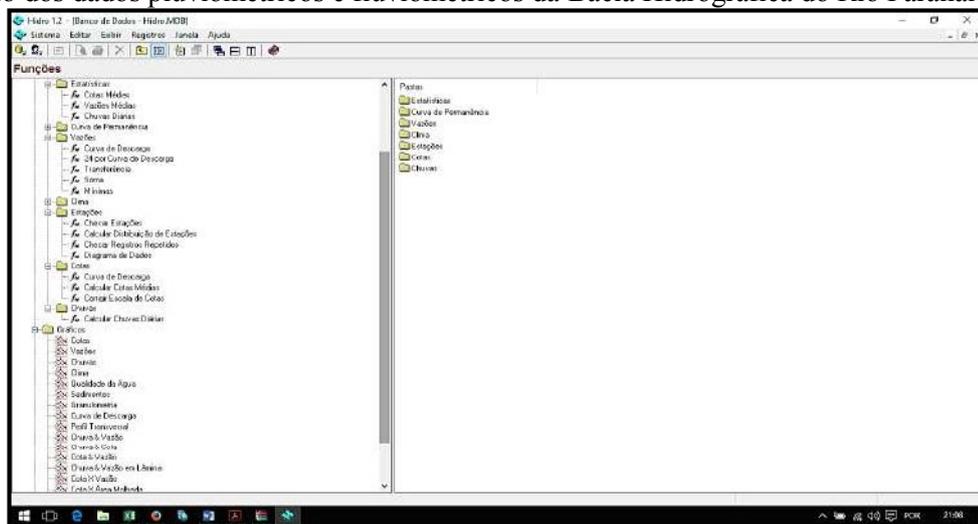


Fonte: ANA/Hidroweb (2017). Org. Silva. G. C (2017).

Ao buscar avaliar a consistência dos dados, utilizou-se o *software* gratuito disponível para *download* no sítio eletrônico pertencente ao Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb), através do endereço (<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=6010>). Atualmente o *software* é denominado HIDRO (Sistema de Informações Hidrológicas), e está disponível na versão 1.2.1.291, conforme foi representado na figura 12. Vale ressaltar que o *software* Hidro, trata-se de um sistema de banco de dados do tipo cliente/servidor, e foi projetado para atender a plataforma gráfica que atende a sistemas da Microsoft Windows® e tem como metas centrais atender os seguintes objetivos:

- Permitir o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológicos, armazenada centralizadamente em um banco de dados relacional.
- Permitir a entrada de dados por parte das entidades que operam uma rede hidrometeorológica.
- Cálculo de funções hidrometeorológicas básicas.
- Visualização de dados (gráficos, imagens etc.).

**Figura 12** - Sistema Hidros versão 1.2.1.291 (HIDROWEB, 2017) utilizado para parte inicial do tratamento dos dados pluviométricos e fluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



**Fonte:** ANA/Hidroweb (2017). **Org.** Silva. G. C (2017).

Efetuada a análise prévia dos dados fluviométricos e, com relação aos dados pluviométricos considerados pertinentes para a pesquisa estes eram exportados do *software* Hidro para o *software* Microsoft Excel 2016, para que assim fossem aplicadas as possíveis análises estatísticas, bem como a elaboração das tabelas e gráficos pertinentes aos resultados.

A tabela 15 indica as estações de dados fluviométricos que foram selecionados em um total de 666 estações disponíveis para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Após consultar todos os postos disponíveis, somente 23 estações fluviométricas apresentaram dados consistentes para a realização da pesquisa, enquanto as demais estações apresentaram inconsistência em seus dados e tiveram que ser descartadas, por devido a lacunas com longos períodos incompletos, impossíveis de serem preenchidas por meios de análises estatísticas, o que viria a interferir no resultado.

Outros postos foram descartados por não possuírem uma quantidade de dados que atendam ao período proposto na investigação, e outros postos foram descartados por simplesmente terem começados seus registros e posteriormente foram desativados pela Agência Nacional de Águas (ANA).

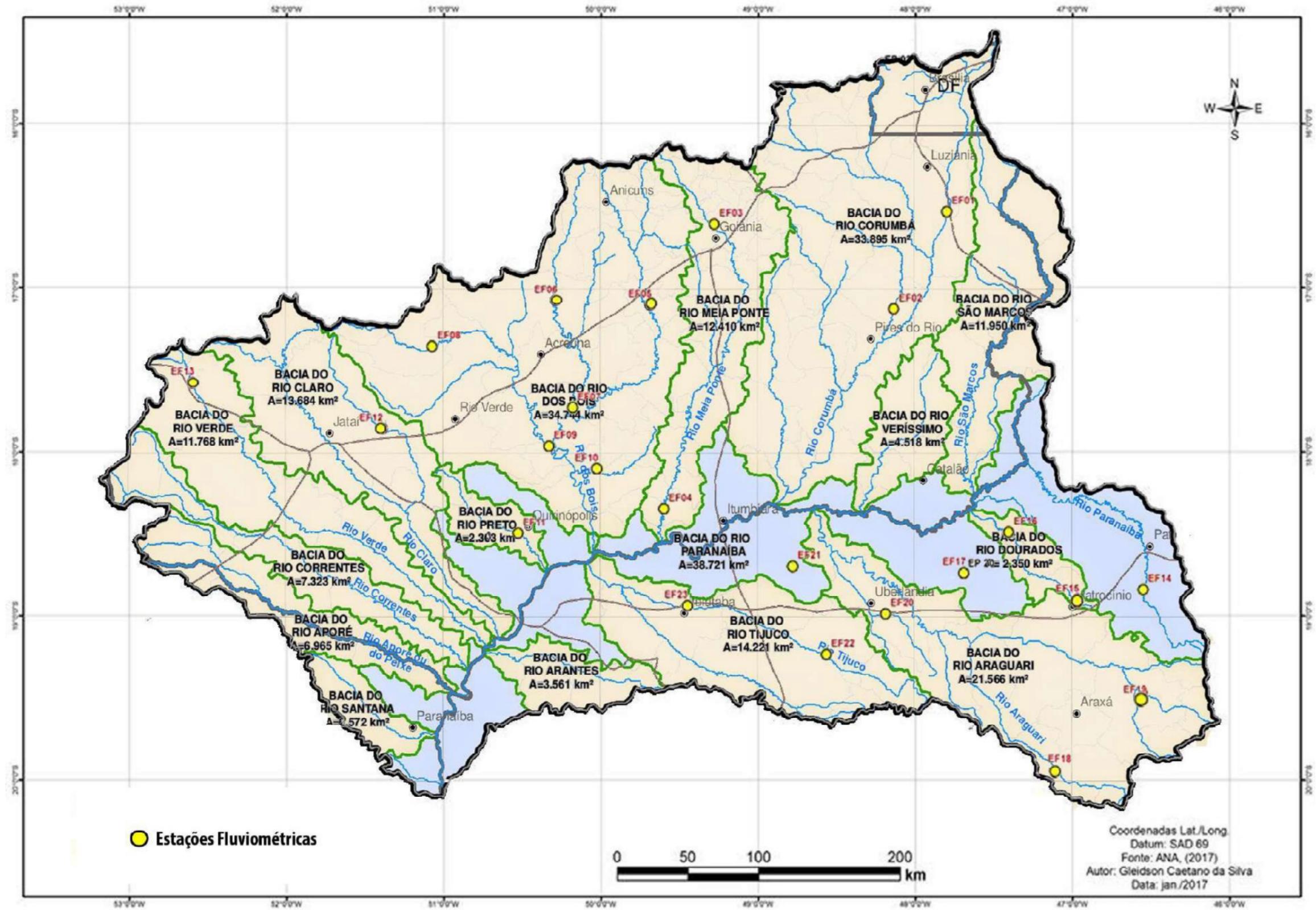
**Tabela 15** - Relação das Estações Fluviométricas da ANA utilizadas para a análise estatística da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

Código	Estação Fluviométrica	UF	Coordenadas		Curso Fluvial	Drenagem (Km <sup>2</sup> )	
			Latitude	Longitude			
EF01	60500000	UHE Batalha	GO	-16:32:15	-47:48:2	Rio São Bartolomeu	4130
EF02	60540000	UHE Corumbá	GO	-17:7:53	-48:8:14	Rio Piracanjuba	3680
EF03	60640000	Montante de Goiânia	GO	-16:36:49	-49:16:47	Rio Meia Ponte	1740
EF04	60680000	Ponte Meia Ponte	GO	-18:20:56	-49:36:6	Rio Meia Ponte	11500
EF05	60715000	Fazenda Boa Vista	GO	-17:6:25	-49:41:18	Rio dos Bois	4640
EF06	60750000	Fazenda Nova do Turvo	GO	-17:4:45	-50:17:22	Rio Turvo	2640
EF07	60765000	Barra do Monjolo	GO	-17:43:56	-50:10:51	Rio Turvo	7890
EF08	60774000	Montividiu	GO	-17:21:33	-51:4:31	Rio Verde ou Verdão	1020
EF09	60798000	Maurilândia	GO	-17:58:4	-50:19:57	Rio Verde ou Verdão	12800
EF10	60810000	Fazenda Aliança	GO	-18:6:17	-50:1:53	Ribeirão Santa Bárbara	1360
EF11	60870000	Quirinópolis	GO	-18:29:54	-50:31:43	Rio Preto	1630
EF12	60895000	Ponte Rio Doce	GO	-17:51:39	-51:23:24	Rio Doce	1280
EF13	60910000	Ponte do Cedro	GO	-17:34:46	-52:36:5	Rio Verde	638
EF14	60010000	Santana de Patos	MG	-18:50:28	-46:33:3	Rio Paranaíba	2730
EF15	60100000	Charqueada do Patrocínio	MG	-18:54:4	-46:57:57	Rio Dourados	78
EF16	60110000	Abadia dos Dourados	MG	-18:29:28	-47:24:23	Rio Dourados	1950
EF17	60150000	Estrela do Sul	MG	-18:44:17	-47:41:24	Rio Bagagem	868
EF18	60220000	Desemboque	MG	-20:0:50	-47:1:2	Rio Araguari	1070
EF19	60250000	Fazenda são Mateus	MG	-19:31:3	-46:34:12	Rio Quebra-anzol	1300
EF20	60381000	Fazenda Letreiro	MG	-18:59:18	-48:11:25	Rio Uberabinha	777
EF21	60615000	Fazenda Cachoeira	MG	-18:41:54	-48:46:50	Rio Pouso Alegre	195
EF22	60835000	Fazenda Paraíso	MG	-19:14:13	-48:34:0	Rio Tijuco	1510
EF23	60845000	Ituiutaba	MG	-18:56:27	-49:26:59	Rio Tijuco	6310

**Fonte:** ANA/Hidroweb (2017). **Org.** Silva. G. C (2017).

Com relação a espacialização das estações fluviométricas, foi elaborada a figura 13 que tem a função de indicar a localização para cada ponto de coleta dos dados fluviométricos pertencentes a Agência Nacional de Águas (ANA), que foram adotados para o presente estudo.

Figura 13 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Localização dos postos de dados Fluviométricos adotados para análise estatística.



Fonte: ANA (2016). Org. Silva. G. C (2017).

### 3.5 Seleção de dados pluviométricos da rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA)

Com relação a coleta dos dados pluviométricos, assim como foi feito para os dados pluviométricos, também foi executada no sitio eletrônico do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb), no endereço (<http://hidroweb.ana.gov.br/default>) pertencente a Agência Nacional de Águas (ANA).

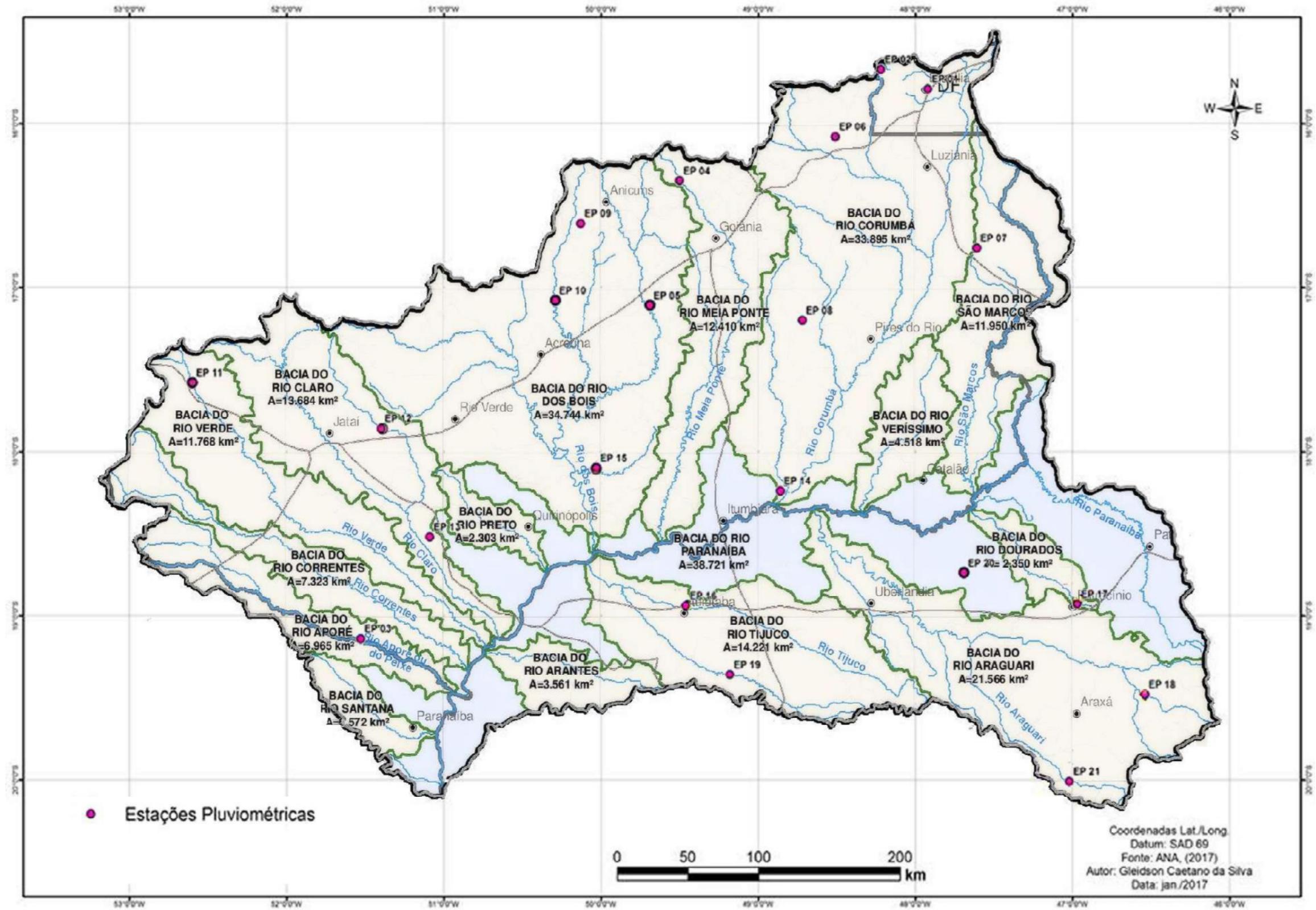
As estações pluviométricas, conforme a figura 14 estão situadas no interior da bacia e seguiu a proposta de Mendes Silva (2014), quando efetuou uma pesquisa dedicada à delimitação da estação chuvosa e a identificação e contagem de veranicos. Vale ressaltar que houve uma preocupação acerca da qualidade dos dados pluviométricos e, esteve voltada especialmente quanto à presença de lacunas na série temporal, portanto foram excluídas das análises as estações pluviométricas que apresentaram falhas temporais que poderiam invalidar a pesquisa proposta. A tabela 16, indica quais as estações pluviométricas pertencentes a Agência Nacional de Águas (ANA), na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

**Tabela 16** –Relação das Estações Pluviométricas da ANA utilizadas para a análise estatística da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

ESTAÇÕES	UF	Município	Nome da Estação	Nº	Latitude	Longitude	Altitude (m)
EP 01	DF	Brasília	Brasília-015	1547004	-15,79	-47,92	1160
EP 02	DF	Brasília	Brazilândia (Quadra 18)	1548000	-15,67	-48,22	1106
EP 03	GO	Itajá	Itajá	1951001	-19,14	-51,53	436
EP 04	GO	Inhumas	Inhumas	1649006	-16,35	-49,5	747
EP 05	GO	Varjão	Fazenda Boa Vista	1749001	-17,11	-49,69	558
EP 06	GO	Alexânia	Ponte Anápolis-Brasília	1648001	-16,08	-48,51	1087
EP 07	GO	Cristalina	Cristalina	1647002	-16,76	-47,61	1239
EP 08	GO	Cristianópolis	Cristianópolis	1748000	-17,2	-48,72	829
EP 09	GO	Turvânia	Turvânia	1650003	-16,61	-50,13	700
EP 10	GO	Paraúna	Fazenda Nova do Turvo	1750001	-17,08	-50,29	509
EP 11	GO	Mineiros	Ponte do Cedro	1752003	-17,58	-52,6	690
EP 12	GO	Jataí	Ponte Rio Doce	1751001	-17,86	-51,4	755
EP 13	GO	Aporé	Campo Alegre	1851001	-18,52	-51,09	670
EP 14	GO	Buriti Alegre	Corumbazul	1848007	-18,24	-48,86	547
EP 15	GO	Goiatuba	Fazenda Aliança	1850001	-18,1	-50,03	447
EP 16	MG	Ituiutaba	Ituiutaba I	1849000	-18,94	-49,46	563
EP 17	MG	Patrocínio	Charqueada do Patrocínio	1846002	-18,93	-46,97	960
EP 18	MG	Ibiá	Ibiá	1946004	-19,48	-46,54	855
EP 19	MG	Prata	Fazenda Buriti do Prata	1949002	-19,36	-49,18	517
EP 20	MG	Estrela do Sul	Estrela do Sul	1847001	-18,74	-47,69	461
EP 21	MG	Sacramento	Desemboque	2047037	-20,01	-47,02	960

Fonte: ANA/Hidroweb (2015). Adaptado: FONSECA, S. F. (2016). .Org. Silva. G. C (2017).

Figura 14 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Localização das estações pluviométricas.



Fonte: ANA (2016). Org. Silva. G. C (2017).

### 3.6 Análise tendencial dos dados Fluviométricos pelo método de Mann-Kendall.

Optou-se em tratar os dados fluviométricos através do teste não paramétrico proposto por Mann (1945) e posteriormente adaptado Kendall (1975), popularmente conhecido como o método de Mann-Kendall. O método incide fundamentalmente em conferir o valor da série histórica e/ou temporal com os valores restantes, seguindo sempre um processo de ordenação sequencial.

Cabe ao método em síntese, contar o número de vezes em que os termos restantes são maiores do que o valor analisado. Sendo assim, o método tem por base a rejeitar ou aceitar uma hipótese nula ( $H_0$ ), podendo assim negatar ou não a existência de um cenário tendencial na série histórica analisada mediante a aceitação de um nível de significância ( $\alpha$ , 95%).

Para se calcular a variável estatística  $S$  em uma série  $n$  de dados, o método de Mann-Kendall propõe o cálculo dos sinais  $sgn$  da diferença, par a par, para os valores da série  $x_i$  correlacionando-os a sua representatividade futura  $x_j$ . De acordo com Salviano *et al.* (2016), as equações 32 e 33, buscam expressar todos os processos envolvidos no cálculo da variável estatística ( $S$ ), onde:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(x_j - x_i) \quad (32)$$

$$sgn(x_j - x_i) = \begin{cases} +1; & se (x_j > x_i) \\ 0; & se (x_j = x_i) \\ -1; & se (x_j < x_i) \end{cases} \quad (33)$$

Se o número de dados  $n \geq 10$  compara-se  $S$  a uma distribuição normal, onde,  $Var(S)$  a variância se expressa na equação 34 onde:

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+5)}{18} \quad (34)$$

A variável  $t_i$  indica o número de repetições de uma extensão  $i$ , o exemplo utilizado na equação 34 analisa uma série histórica com três valores iguais entre si teria 1 repetição de extensão igual a 3, ou seja,  $t_i = 1$  e,  $i = 3$  (SALVIANO *et al.*, 2016).

Para o cálculo do índice  $Z_{MK}$  em uma distribuição normal, onde a média é 0, os valores positivos representam uma tendência crescente e os negativos uma tendência decrescente. Mediante o sinal de  $S$  o cálculo do índice  $Z_{MK}$  da distribuição normalmente é feito através da equação 35, representada através de:

$$Z_{MK} = \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}}; \text{ para } S > 0 \quad (35)$$

$$Z_{MK} = 0; \text{ para } S = 0$$

$$Z_{MK} = \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}}; \text{ para } S < 0$$

Para que se fosse possível a rejeição de uma hipótese nula  $H_0$ , seria necessário que o valor total de  $Z_{MK}$  seja superior a  $Z_{\alpha/2}$ , ou seja, a variável  $\alpha = 5\%$ ,  $Z_{0,05/2} = Z_{0,025} = 1,96$ , considera-se então que a série histórica estudada em seu resultado apresenta uma tendência significativa quanto ao nível de significância de 5% caso ocorra que  $Z_{MK}$  seja maior que 1,96. Para o teste de Mann-Kendall ao se tratar estatisticamente quanto ao teste  $Z$  deve-se sempre buscar uma padronização de forma que siga uma distribuição normal com média 0 e com variância 1, lembrando que o valor positivo do teste  $Z$  indica uma tendência crescente e o valor negativo uma tendência decrescente.

Sendo assim, optou-se em aplicar o teste de Mann-Kendall para cada estação fluviométrica analisada e, estabeleceu que os valores menores que (+1,96) têm tendência não significativa de aumento enquanto os valores maiores que (-1,96) indicam tendência não significativa de queda e com relação ao valor referente ao zero esse representa a não existência de tendência ou tendência nula na série histórica.

### 3.7 Análise tendencial dos dados fluviométricos pelo teste de Wald-Wolfowitz (*runs test*)

Morettin e Toloi (2006), indicam o teste de Wald-Wolfowitz também chamado de “*runs test*”, pode também ser aplicado para análise de cenários tendenciais em séries históricas de dados fluviométricos, pautados na justificativa que o teste metodologicamente analisa os dados da série temporal e/ou histórica verificando a existência da hipótese de independência. Para tanto, deve-se considerar uma amostra tipo  $(X_1, X_2 \dots X_n)$ , cujo o tamanho da amostra é dado por  $N$  e as diferenças  $(X'_1, X'_2 \dots X'_n)$ , existentes entre as observações  $X_i$  e a média

amostral  $\bar{X}$ , sendo assim, utiliza-se a estatística  $L$  dada pela equação 36, onde:

$$L = \sum_{i=1}^{N-1} X'_i X'_{i+1} + X'_i X'_N \quad (36)$$

Portando, com a aplicação da estatística  $L$  é admissível efetuar a apuração e quantificação de oscilações existentes dos valores da série histórica, o que de acordo com Back (2001) sobre as oscilações referentes aos valores da série histórica, os mesmos, devem ocorrer na sua ordem natural em torno da sua mediana, possibilitando assim a verificação quanto a este número, sendo assim, o número verificado deverá estar dentro de uma faixa de distribuição considerada normal. O mesmo autor *op. cit.* demonstra que a estatística  $L$  é possível de ser observada através da hipótese nula de independência, conforme expresso nas equações 37 e 38, de forma que venha a seguir uma distribuição normal, com média e variância:

$$E(L) = \frac{2n_1n_2}{n_1+n_2} + 1 \quad (37)$$

$$Var(L) = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - (n_1 + n_2))}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)} \quad (38)$$

Onde  $n_1$  expressa o número de elementos da série histórica que são maiores ou iguais a mediana e o indicador  $n_2$  representa o número de elementos que são menores do que a mediana. Portanto, para dados fluviométricos que possuem um tamanho amostral  $n = n_1 + n_2$  sendo para par resulta amostral  $n_1 = n_2 = n/2$ , agora para um tamanho amostral  $n$  que seja ímpar o resultado será  $n_1 = \frac{n+1}{2}$  e  $n_2 = \frac{n-1}{2}$ . E com relação a estatística aplicada ao valor de  $Z$  no método de Wald-Wolfowitz seguindo uma distribuição normal padrão, deve-se atentar ao uso da equação 39, e é dada por:

$$Z = \frac{L - E(L)}{\sqrt{Var(L)}} \quad (39)$$

Para Morettin e Tolo (2004), deve-se comprar então o valor referente ao  $Z$  calculado com o valor correspondente ao valor de  $Z$  crítico, que é obtido através da distribuição normal padrão, para um determinado nível de significância. Caso ocorra que o módulo do cálculo do  $Z$  calculado venha a ser maior que o valor de  $Z$  crítico, resulta-se que a série histórica da estação fluviométrica avaliada não apresenta independência estatística, ou seja, apresenta dependência temporal.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente capítulo tem por finalidade descrever as principais características da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. E, portanto, buscar-se-á apresentar de forma clara os principais fatores que a compõe destacando assim a sua singularidade frente às demais bacias hidrográficas brasileiras.

### 4.1 Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, Brasil

Inicialmente, deve-se destacar que a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba faz parte da região hidrográfica do Rio Paraná, compondo uma das 12 regiões hidrográficas brasileiras, que foram instituídas através do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), mediante a resolução número 32 de 15 de outubro de 2003 (MENDES SILVA, 2013).

Neste contexto, a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba se destaca sendo a segunda maior unidade da Região Hidrográfica do Paraná, e vem a ocupar 25,4% de sua área, localizando-se nas coordenadas geográficas situadas entre os paralelos 15° e 20° sul e os meridianos 45° e 53° oeste, vindo a totalizar uma área de drenagem de aproximadamente 222,6 mil km<sup>2</sup>.

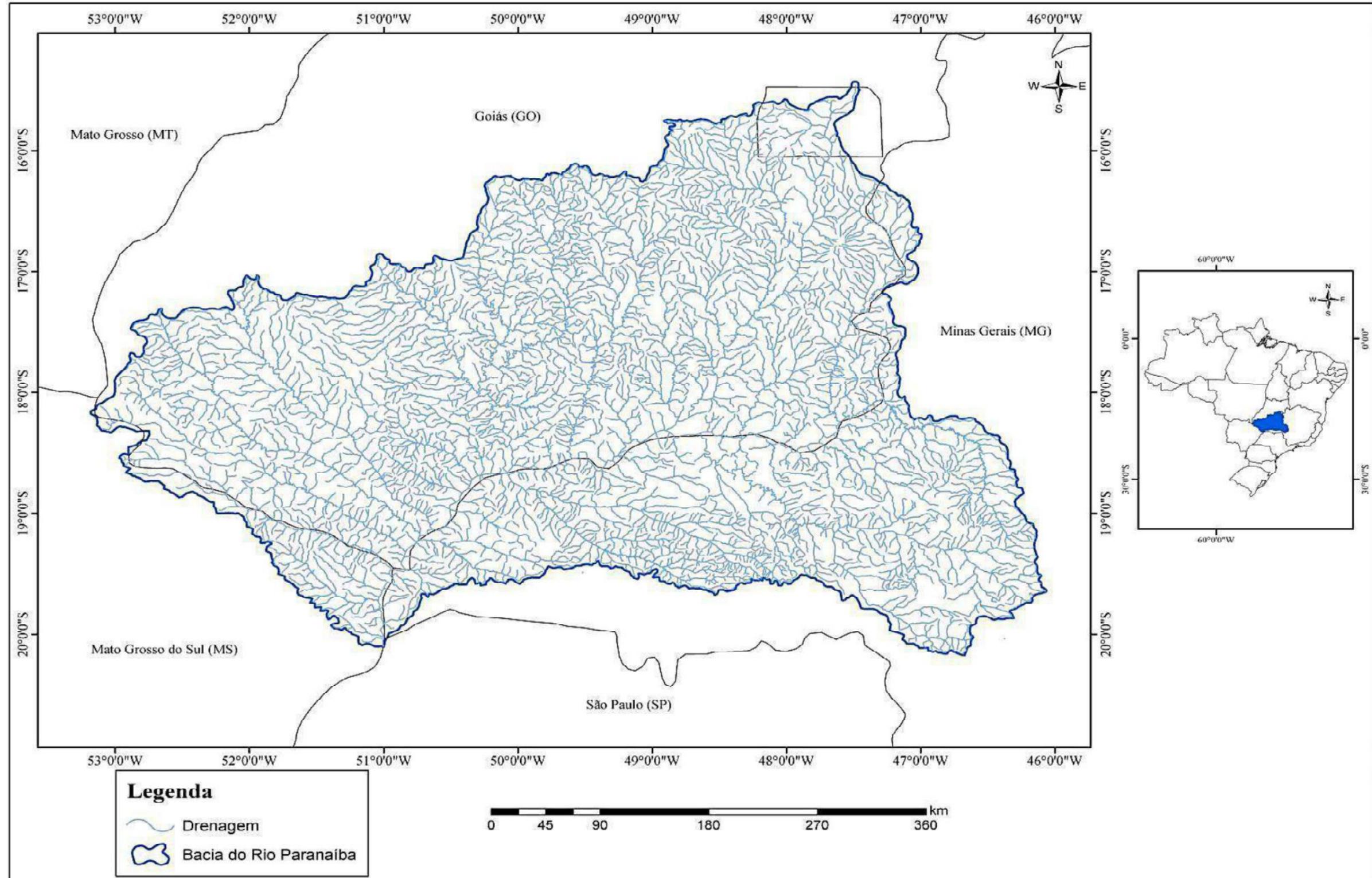
Com relação a sua localização na região central do Brasil, ocupando em torno de 2,6% do território nacional, além de incluir os estados de Goiás com 63,3%, Mato Grosso do Sul com 3,4% e Minas Gerais 31,7%, além do Distrito Federal com 1,6%, totalizando 197 municípios, além do Distrito Federal. Destes municípios, 28 deles são sedes municipais e se encontram fora dos limites da bacia. A tabela 17 sintetiza em si toda a participação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba dentro do território nacional.

**Tabela 17 - Participação das Unidades Federativas na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.**

UNIDADES FEDERATIVAS	ÁREA DA BACIA		Nº DE MUNICÍPIOS NA BACIA	
	Km <sup>2</sup>	%	Total	Com Sede
Distrito Federal	3.665,4	1,6	1	1
Goiás	140.832,3	63,3	137	122
Minas Gerais	70.502,9	31,7	56	44
Mato Grosso do Sul	7.591,9	3,4	4	3
<b>TOTAL</b>	<b>222.592,5</b>	<b>100,0</b>	<b>198</b>	<b>170</b>

Fonte: ANA (2011). Adaptado (PRHBP, 2011). Org. Silva. G. C (2017).

Figura 15 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, Localização (2013).



Fonte: Baseado em Mendes Silva (2014). Org. Silva. G. C (2017).

Com relação aos cursos fluviais principais, os rios Grande e Paranaíba são os grandes rios formadores do rio Paraná. Abordando o Rio Paranaíba, a sua nascente está situada na Serra da Mata da Corda, pertencente ao município de Rio Paranaíba, no estado de Minas Gerais, em uma altitude aproximada de 1.100 m.

A partir da montante, inicia-se o percurso do Rio Paranaíba até a sua foz, para isso ele percorre cerca de 100 km até a cidade de Patos de Minas/MG, prolongando seu curso por mais 150 km até fazer o limite entre os estados de Goiás e Minas Gerais, onde, nesse ponto estão os limites municipais mineiros de Coromandel e Guarda-Mor, e do município goiano de Catalão. Partindo deste ponto, o Rio Paranaíba faz sua primeira divisão estadual e continua sendo o divisor mineiro e goiano até atingir o município de Paranaíba/MS, onde realiza a sua segunda divisão estadual entre Minas Gerais e Mato Grosso do Sul e, vai seguindo seu curso até confluir com o Rio Grande, formando o rio Paraná (PRHBP, 2011).

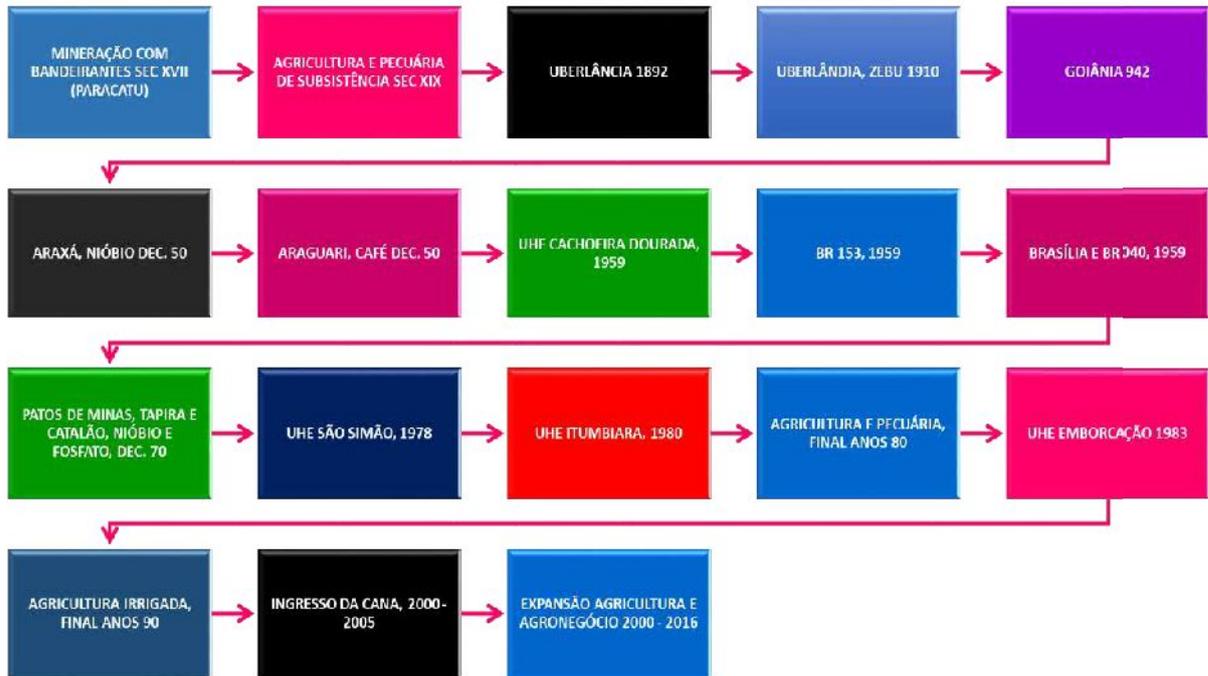
#### **4,2 Breve relato da dinâmica de ocupação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**

De acordo com os levantamentos elaborados por Mendes Silva (2014), a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba foi marcada por vários episódios históricos, que podem de forma sintética ser expressos nos seguintes tópicos:

- i. Início do processo de ocupação marcado pela presença das Bandeiras Paulista por volta do século XVIII; associado ao ciclo da mineração que foi descoberto inicialmente em Paracatu – MG e depois se expande para outras regiões;
- ii. Avanços do processo de industrialização e a necessidade de abastecer com alimentos e matérias primas o mercado em processo de formação;
- iii. Políticas governamentais voltadas a expansão territorial, graças ao processo de modernização da agricultura e da pecuária principalmente na década de 1960;
- iv. Transferência da capital federal com a construção de Brasília – DF;
- v. Diversificação das vias de transporte com a expansão à malha rodoviária, ferroviária e hidroviária;
- vi. A expansão do agronegócio durante a década de 1980;
- vii. Construção e ampliação do setor hidroelétrico, entre outros.

Conforme pode ser analisado através da figura 16, a dinâmica de ocupação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, acaba se confundindo com a própria dinâmica de ocupação do espaço territorial brasileiro.

**Figura 16** - Síntese cronológica de ocupação da bacia do Rio Paranaíba



**Fonte:** Baseado no PRHBP (2011). **Org.** Silva. G. C (2017).

A abordagem cronológica, apresentadas nas abordagens de Rodrigues *et al.* (2008), sugerem que o marco inicial do povoamento pelos bandeirantes, se deu quando os mesmos se fixaram na região, o que notoriamente, indicava o seu foco central em formar entrepostos voltados ao abastecimento direcionados à capital e, portanto, estes entrepostos deveriam ser capazes de fornecer não somente produtos, mas, também índios que seriam destinados à escravidão.

O foco central de todos os entrepostos durante este período colonizador era garantir recursos minerais, e então ir enriquecendo ainda mais a capital com ouro, metais e pedras preciosas e, com isso, cobrir o crescimento contínuo de outras regiões do país. O mesmo autor *op cit.*, relata que todo o processo de ocupação, e também de expansão urbana no território brasileiro, somente foi possível devido a soma das boas condições climáticas com os fatores físicos de cada bacia hidrográfica.

Conjuntamente com as bandeiras, o ouro assim descoberto na região de Paracatu em Minas Gerais, em pleno século XVII, veio a propiciar outro marco importante para a economia brasileira, pois indica-se o início do Ciclo do Ouro e, com isso, várias regiões do Brasil foram

exploradas e ocupadas, destacando-se nacionalmente. Com isso, o estado de Minas Gerais que atingiu o seu ápice econômico durante as décadas de 20 e 80 do século XVII (MENDES SILVA, 2014).

Por conseguinte, os estados de Goiás e Mato Grosso do Sul foram explorados pelas bandeiras paulista pertencentes a Bartolomeu Bueno da Silva (Anhanguera) e João Leite da Silva Ortiz, em 1722 e, partindo daí, foram os grandes responsáveis pela descoberta do ouro na região. Segundo Diniz (2006), essas bandeiras foram responsáveis pelo processo de urbanização e, portanto, o surgimento das primeiras vilas e povoados.

O que, foi claramente destacado por Bertran (1988) quando afirma que:

[...] o processo de ocupação do território vai acompanhando a descoberta de ouro. Inicialmente se destacaram os povoados de Bom Jesus de Cuiabá (1719), Vila Boa de Goiás (1726) e Meia Ponte (1729). Vão depois avançando em Mato Grosso em direção à Serra dos Parecís ou “Mato Grosso” e para o rio Guaporé (1735), Vila Bela e sobre o rio Arinos (1745). Em Goiás tomam a direção da Bahia e de Minas Gerais (p. 18).

Claramente, todo esse processo de avanço das bandeiras e, então, agora apoiados na descoberta do ouro fez com que novos caminhos fossem traçados, principalmente entre as minas de exploração e a emergente cidade de São Paulo/SP. Vê-se então que novos caminhos adotados facilitavam o transporte de mercadorias dentro do território brasileiro, e eram feitos a partir dos rios Tietê, ou pelo rio Paraguai e também dentro do território mineiro através da região cortada pelo Rio Paranaíba.

O transporte em vias terrestres, passava em outro caminho optando pelas regiões do Triângulo Mineiro, Vila Boa de Goiás e de lá até Vila Real do Senhor Bom Jesus do Cuiabá (atual Cuiabá). Tais vias de escoamento foram muito importantes para a colonização da bacia do Rio Paranaíba, pois, a partir delas foram constituídos os postos de descanso e, destes postos começaram a surgir pequenos focos de urbanização, que evoluíram até que, na atualidade vieram a se tornar algumas cidades de portes variados (DINIZ, 2006).

O declínio da economia aurífera, começou decrescentemente conforme esclarece Bertran (1988):

[...]. As minas da região do Centro-Oeste, diferentemente de Minas Gerais, esgotaram-se de forma rápida. Após o auge entre 1750 e 1754 (sete mil quilos por ano), a produção entrou em queda brusca. Nos primeiros 23 anos do século XIX (1800-1822) foram produzidos apenas sete mil quilos de ouro, uma média de 300 quilos por ano, sendo todo ele na região de Goiás.

Contudo, o ciclo do ouro foi perdendo força, e mesmo assim uma nova reconfiguração do espaço físico foi sendo marcada pelo fim decadente da mineração e pelo abandono político dos governantes. Neste contexto, conforme apontam Ferreira & Mendes (2009), com relação

as terras da bacia do Rio Paranaíba, estas ficaram totalmente desamparadas politicamente e, com isso, vieram a ação inescrupulosa dos posseiros e dos grileiros, ou seja, as terras que até então eram consideradas legalmente como terras de “ninguém” começam a ter proprietários.

Ainda de acordo com Ferreira & Mendes (2009), ocorre então um novo impulso de urbanização, que é dado com a instalação de uma nova dinâmica pautada na pecuária extensiva, que é caracterizada primordialmente por ser executada em grandes extensões de terras e concentradas nas mãos de poucos latifundiários.

Embora, muito se questione sobre a implantação da agricultura na região, somente através dos relatos de Holanda (1945), é que foi possível entender como ocorreu o fim das atividades comerciais provenientes do ouro e o surgimento de um possível período de risco ou de crise econômica.

Tal período fez com que alguns proprietários de minas preocupado viessem a diversificar e, então, colocaram alguns de seus escravos nas sementeiras: “Foi assim que principiaram a crescer nas vizinhanças das minas algumas plantações de feijão, abóbora, batata-doce, além do milho”. Não obstante, observa-se também no final do século XVIII o surgimento dos primeiros canaviais, engenhos e destilarias, que no século XIX seriam importantes para a economia da região (DINIZ, 2006).

A bacia hidrográfica do Rio Paranaíba principalmente ao final do século XVIII e ao início do século XIX, veio apresentando novas formas produtivas pautadas na pecuária, na agricultura e nas atividades comerciais, o que foi destacado por Goodman (1978), onde durante todo esse período houveram grandes fluxos populacionais, onde estes se deslocaram para a região e vindo a estabelecer inúmeras formas de colonização, e estas se estendem até a atualidade.

O mesmo autor *op cit.* classifica as principais formas de colonização como:

- Esquemas públicos de colonização;
- Colonização por companhias privadas;
- Vendas de terras públicas;
- Ocupação espontânea.

Um exemplo das formas de ocupação implantadas pelo Governo Federal, e é apresentado pelo PRHBP (2011), veio a ocorrer em 1893 no estado de Goiás, onde através da criação e adoção da política de terras houve um sistema institucionalizado pelo Governo, com o intuito de legalizar todas as propriedades, ou seja, a partir de 1930, todo o processo de

colonização tem total acompanhamento do Governo.

Conforme esclarece Diniz (2006), neste plano Governamental as terras consideradas como devolutas, eram então comercializadas a preço peculiar e também havia a existência de pequenas porções de terras que eram destinadas a colonização oficial pelo Governo.

Percebe-se que enquanto o território brasileiro se organizava economicamente, outras regiões eram marcadas pelos altos investimentos do Governo. Toda a região Centro-oeste, por exemplo, recebeu intenso capital governamental, pois era nítido o interesse em suprir as necessidades emergentes da região Sudeste, que neste momento passava por um processo intenso de industrialização e, com isso, necessitava de muita matéria-prima e, principalmente de alimentos para o grande número de trabalhadores que ali se encontravam.

Enquanto os processos de uso e ocupação se intensificavam por diversas áreas da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, outra preocupação emergencial e geopolítica ganhava patamares a nível nacional. Surgia neste instante a preocupação quanto a localização da capital do país, pois sabe-se que a unidade federativa é fator vital para a sobrevivência do próprio Governo, capaz de manter o território e sua expansão.

De acordo com Vesentini (1986):

[...] A capital de um Estado-Nação é a cabeça do Estado e deve assim estar protegida e resguardada de possíveis invasões, das inquietações políticas da massa, de forma a permitir à governante tranquilidade para governar o país. Essa frase sintetiza as discussões que se iniciaram no final do século XIX, sobre a mudança da capital federal.

Para tanto, veio compor então o contexto geopolítico e físico da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Na ótica desenvolvimentista regional que caracterizava todo o processo de criação de Brasília, desde o início das obras até o findar da década de 1950 e a sua inauguração em 1960, analisa-se que a dinâmica estabelecida, introduziu um sistema totalmente voltado ao planejamento, o que é bem diferente das práticas políticas e governamentais aplicadas em toda região da bacia hidrográfica (Diniz, 2006).

De acordo com Guimarães (1990), “a decisão de construir Brasília no planalto brasileiro foi o elemento central de uma nova estrutura regional no Brasil” e já para autores como Brandão (1989) e Guimarães (1990), a expressividade existente pela instalação da cidade de Brasília atingiu vários setores da economia, como, por exemplo, a integração das malhas rodoviárias brasileiras.

Conforme afirma Diniz (2006):

[...] A construção rodoviária brasileira, e delineou as rotas dinâmicas da economia, transformando Brasília no ponto nodal do sistema Rodoviário Brasileiro, permitindo a integração de expressiva parcela dos territórios das regiões Centro – Oeste e Norte na rota da expansão da fronteira agrícola. Os troncos rodoviários Belém – Brasília; Brasília – Cuiabá; Brasília – São Paulo; Brasília – Belo Horizonte; Brasília – Barreiras (BA); São Paulo – Corumbá (MS) articularam a região ao território nacional.

Um fator importante a se destacar sobre as ferrovias, é que também desempenharam um papel fundamental, durante todo o processo de integração nacional conjuntamente com as rodovias. No entanto, desperta-se também atenção para o crescimento dos sistemas de energia elétrica e de telecomunicações, ou seja, todo desenvolvimento existente refletiu diretamente no sistema político e burocrático vigente (BRANDÃO, 1989; GUIMARÃES, 1990).

Todavia, deve-se deixar bem claro que, as ações governamentais foram circunstanciais para o desenvolvimento de toda a região (MONTEIRO NETO; GOMES, 2000).

Após a criação de Brasília e de toda estrutura viária na década de 1960, o que veio a permitir a livre circulação de pessoas e mercadorias por quase todo o território nacional. O governo investiu em políticas de indução ao desenvolvimento tecnológico objetivando expandir novas áreas agricultáveis (MONTEIRO NETO; GOMES, 2000).

Com isso, o Cerrado brasileiro, despertou grande interesse devido as suas características morfológicas, sendo constituído basicamente por terras planas e com vastas extensões territoriais, o que permitiria uma pecuária extensiva marcada por um rebanho de gado com melhor carne, grandes lavouras e água em abundância, pois grande parte do Cerrado é rica em recursos hídricos (GALINDO; SANTOS, 1995; BERTRAN, 1988; MONTEIRO NETO; GOMES, 2000).

Destaca-se que os principais fatores responsáveis por todas transformações, na forma de repensar o espaço buscando novas fronteiras agricultáveis, estavam diretamente ligados aos processos de urbanização e industrialização. Tavares (1972), relata que após a Segunda Guerra Mundial, no Brasil, instala-se a indústria de bens de produção e, então consolida-se um processo acentuado de urbanização principalmente a partir da década de 1950.

Notoriamente, conforme o mesmo autor *op cit.* após 1950 tem-se uma transformação na agricultura, pois, a mesma assume a condição de garantir os recursos necessários para a implantação industrial, e no sentido econômico, a agricultura que, anteriormente era voltada para o mercado externo, volta-se, posteriormente, para o mercado interno.

Entretanto, todas as transformações industriais que vinham ocorrendo no país, juntamente com as variações de mercado externo e o ao alto índice populacional que se

ampliava nas cidades, foi gerando questionamentos acerca da agricultura, pois era também crescente a necessidade de produtos agrícolas tanto para o consumo quanto para matéria prima industrial (DINIZ, 2006).

O setor agrícola brasileiro a partir da década de 1960, passou por grandes modificações nos setores tecnológicos, econômicos e produtivos, essas transformações dinamizaram os processos de uso e ocupação dos solos em algumas partes da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, sendo caracterizadas por alguns autores como processo de “Modernização Conservadora”, estando então no bojo da influência internacional da “Revolução Verde” (Guimarães, 1979; Müller, 1982; Delgado, 1985; Silva, 1996).

A revolução verde de acordo com Diniz (2006), caracteriza-se como:

[...]. Por outro lado, ela correspondia ao interesse das multinacionais produtoras de insumos e equipamentos agrícolas, as quais determinaram os novos padrões tecnológicos e subordinaram os produtores à sua lógica. Era um modelo que não tinha por objetivo atacar um grave problema dos países atrasados: a concentração fundiária e as relações de produção. Consistia basicamente em adotar um pacote tecnológico capaz de aumentar a produção agrícola destes países sem modificar a estrutura agrária.

Os fatores determinantes para o sucesso da agricultura no Cerrado brasileiro, principalmente na bacia do Rio Paranaíba, foram diretamente ligados aos condicionantes naturais favoráveis e aos interesses econômicos por parte do Governo, ao qual investiu primordialmente em pesquisas e na criação de órgãos como a Embrapa. Com tais investimento, foi possível ampliar os níveis de graduação nas universidades garantindo não somente a formação pessoal, mais também o desenvolvimento e manutenção técnica da continuidade de pesquisas (DINIZ, 2006).

Houveram vários programas de colonização e experimentação, e deve-se destacar dentro da bacia do Rio Paranaíba, os programas POLOCENTRO e o PRODECER, programas estes que forneceram as bases iniciais para a expansão agropecuária. Portanto, ressalta-se também a priorização governamental de programas colonizadores em diversas regiões do Brasil. Objetivando expandir a ocupação dentro da bacia do Rio Paranaíba podemos destacar cronologicamente: o Programa de Distribuição de Terras e Desenvolvimento Agroindustrial – PROTERRA (1967), o Programa de Integração Nacional – PIN (1970), o Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste – PRODOESTE (1971), o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados – POLOCENTRO (1974), o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado – PRODECER (1979), o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação – PROFIR (1982); dentre outros (GOODMAN, 1978; GALINDO; SANTOS, 1995).

Paralelamente aos programas de desenvolvimento e urbanização, contata-se o surgimento de investimentos governamentais voltados para as usinas hidrelétricas durante a década de 1950. Não distante de todo o país, na bacia do Rio Paranaíba ocorre a construção da primeira usina hidrelétrica denominada Usina de Cachoeira Dourada, cujo seu projeto data de 1956 e, que posteriormente, sofreu ampliações nas décadas de 1960, 1970 e 1990.

Durante a década de 1970, constata-se que na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, mais três usinas hidrelétricas foram implantadas, sendo as Usinas de Itumbiara, Emborcação e São Simão. Para Ferreira & Mendes (2009), as implantações de hidroelétricas devem ser avaliadas como fatores primordiais nas dinâmicas de transformação de uso e ocupação dos solos e na alteração de espaços urbanos.

Cronologicamente, as próximas décadas serão ditadas por uma nova reconfiguração em que o capital, vai ganhando força e as pequenas indústrias acompanham o desenvolvimento da rede urbana. Basicamente, a economia ainda está em processo de consolidação e está ainda pautada nas atividades agropecuárias e agroindustriais, com algumas exceções para a mineração e a pecuária extensiva (PEDROSO & SILVA 2005).

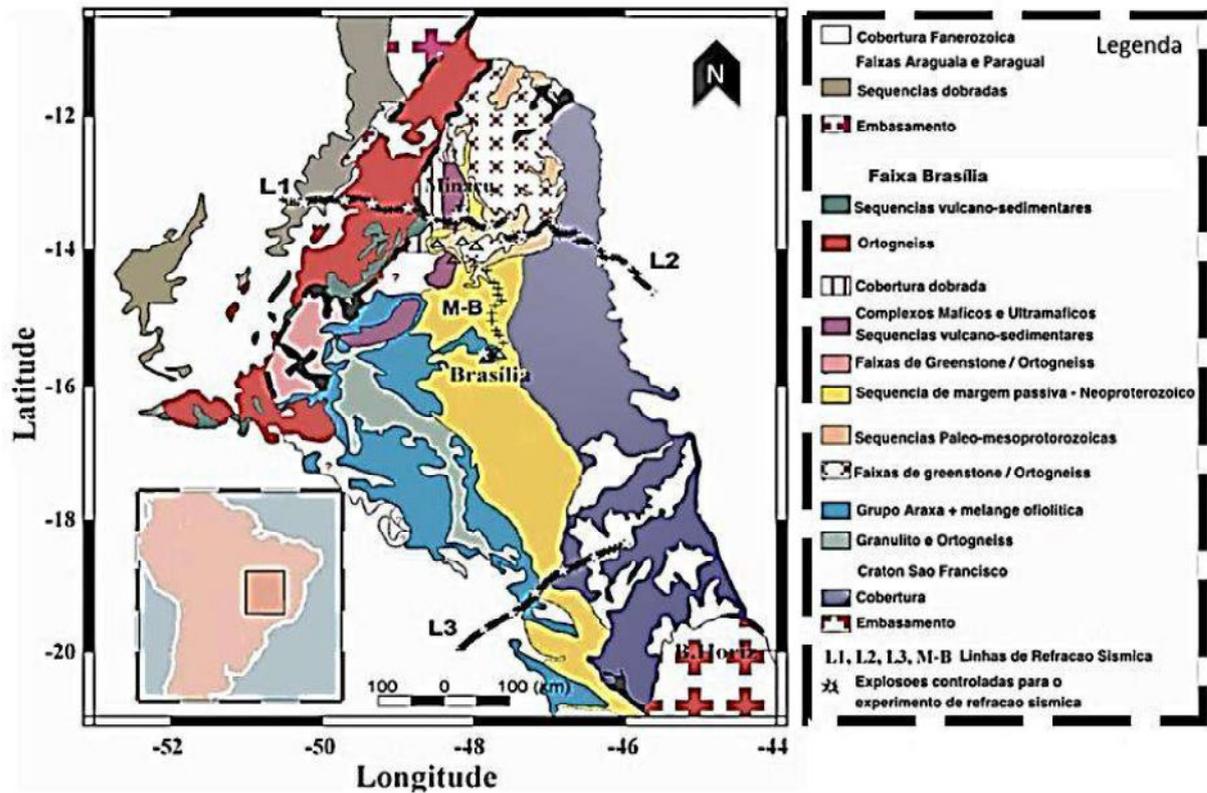
### **4.3 Caracterização Física da Área Estrutura / Embasamento Geológico**

De acordo com o PRHBP, (2011) a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba apresenta duas grandes estruturas geológicas, com características abalizadas tanto de origem quanto de comportamento, sendo elas a Província Tocantins e Província do Paraná.

Destaca-se que, na faixa leste onde se está localizado os afluentes mineiros do Alto Paranaíba, próximo as cidades de Patos de Minas e Patrocínio existe uma pequena parte da bacia que se insere em uma terceira estruturação geológica conhecida como Bacia Sanfranciscana. De acordo com os levantamentos geológicos de Almeida *et al.*, (1981) e Urung (1992), a Província do Tocantins foi caracterizada como sendo uma estrutura litotectônica gigantesca, que segue aproximadamente a direção norte-sul da bacia hidrográfica e foi edificada durante a formação do Gondwana entre os crátons Amazônico e São Francisco-Congo.

Nesse contexto, segundo Pimentel *et al.* (2000) e Dardenne *et al.* (2000), a Província do Tocantins compreende as faixas Araguaia e Paraguai, vindo a fazer fronteira com o limite leste do Cráton Amazônico e a Faixa Brasília na margem oeste do cráton São Francisco, conforme é apresentado na figura 17.

Figura 17 – Província do Tocantins, Mapa Geológico (1992).



Fonte: Urung (1992).

Seguindo o levantamento apresentado pelo PRHBP (2011), pode-se caracterizar sinteticamente Província do Tocantins da seguinte forma:

[...] A Província Tocantins apresenta direção preferencial norte-sul, chegando a ter 2.000 km de extensão longitudinal e até 800 km de largura em algumas áreas. Abrange as faixas dobradas Araguaia e Paraguaí, localizadas na porção ocidental e que foram edificadas na margem do Cráton Amazônico; além da Faixa Brasília, que por vez está localizada na margem do Cráton do São Francisco, onde se encontra o Arco Magmático de Goiás. A mesma pode ser subdividida em duas subprovíncias lito-estruturais: a primeira compreendendo o embasamento cristalino, que é constituído por rochas de estruturação complexa e comportamento predominantemente dúctil, em especial granítico-gnáissica. A segunda subprovíncia lito-estrutural corresponde às seqüências supra-crustais, que são constituídas geralmente por rochas metassedimentares clásticas e com pouca deformação. Com relação à Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, a área de ocorrência dessa Província corresponde à sua porção centro-leste.

Após a formação de Gondwana e durante a orogênese Pan-Africana/Brasiliana Neoproterozóica, que veio a resultar na convergência de três blocos continentes, sendo eles os Crátons Amazônico, São Francisco/Congo e Paranapanema.

Este último atualmente se encontra sob Bacia do Paraná, de acordo com Nishijima (2013), essa bacia fica localizada na porção Sudeste da América do Sul, abrangendo o nordeste

da Argentina, o centro-sul do Brasil (Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), a porção leste do Paraguai e o norte do Uruguai.

Tratando-se da escala evolutiva que se deu durante as eras Paleozóica e Mesozóica, os sedimentos analisados datam de depósitos ocorridos entre os Período Ordoviciano ao Cretáceo, compreendendo um espaço de tempo, entre 460 e 65 milhões de anos. A estruturação litológica se dá por rochas sedimentares e vulcânicas, e sua espessura máxima é superior a 7000 m na sua porção central. (RICCOMINI *et al.*, 1992).

Nesta abordagem classificativa, a Província Paraná destaca-se como:

[...] A Província Paraná compreende os limites da bacia tectônica do Paraná, que se caracteriza por ser uma estrutura intracratônica, com cerca de 1750 km de comprimento e largura aproximada de 900 km, abrangendo a parte meridional do Brasil, a metade oriental do Paraguai e parte da Argentina e Uruguai, totalizando 1.600.000 km<sup>2</sup>. Pode também ser subdividida em duas subprovíncias litoestruturais: a primeira corresponde às sequências sedimentares clásticas, com contatos quase que exclusivamente litológicos e estratificação subhorizontal; a segunda subprovíncia formada pelos basaltos do Grupo São Bento (Formação. Serra Geral), que se caracterizam como rochas magmáticas provenientes de derrames de lava, sendo intensamente fraturadas, por vezes diaclasadas, e que dão origem às chamadas coberturas detrítico-lateríticas. Com relação à bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, a sua área de abrangência está restrita à parte ocidental.

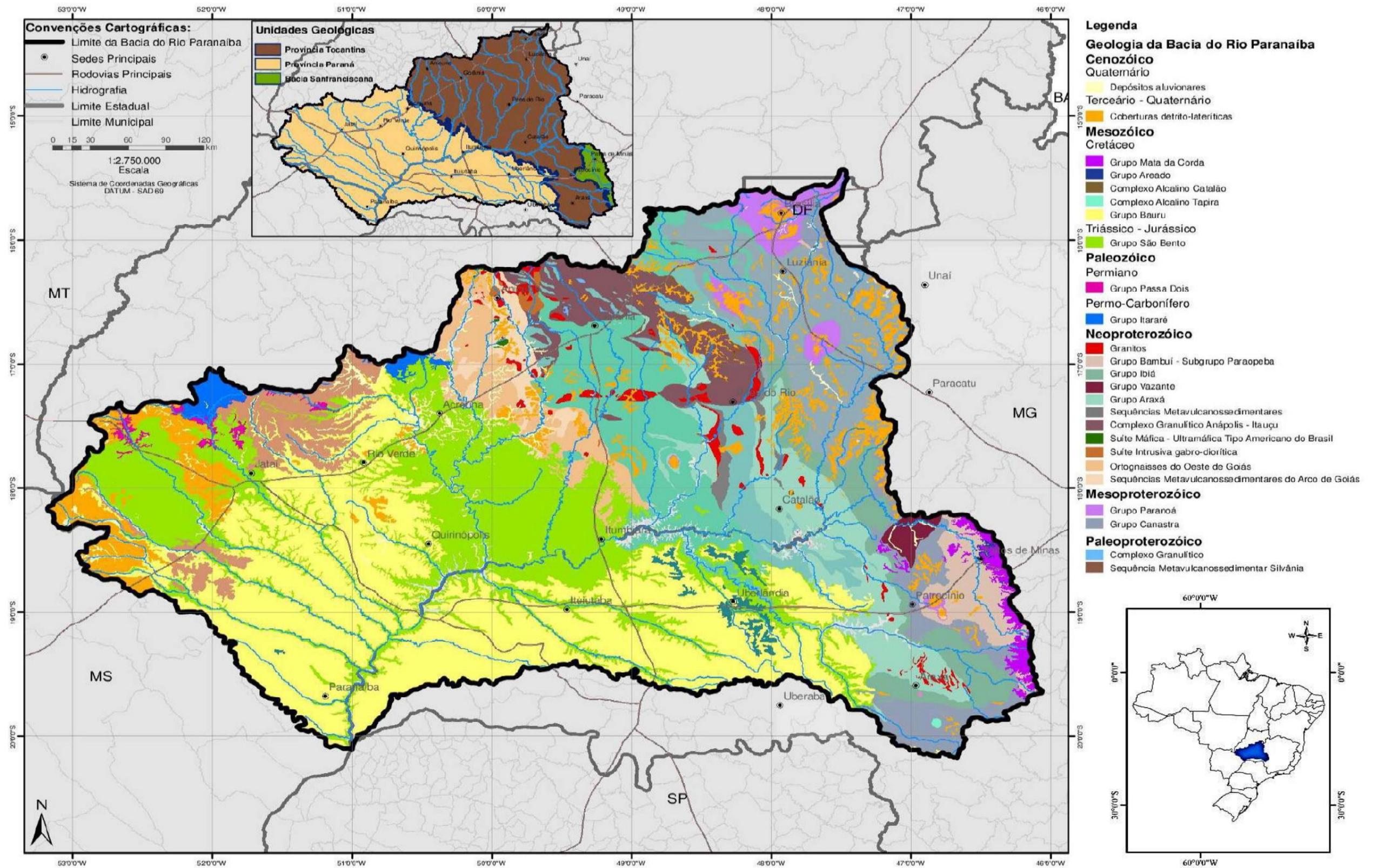
Por último, tem-se a Bacia Sanfranciscana que corresponde à cobertura fanerozóica do Cráton do São Francisco, caracterizada por exibir uma depressão norte-sul, preenchida por sedimentos dos grupos Areado e Urucuia, Santa Fé, Areado e Mata da Corda (Hasui, 1969).

O preenchimento dessa bacia é caracterizado por sedimentos continentais associados com vulcanismo alcalino ultrabásico (CAMPOS & DARDENNE, 1997).

Segundo PRHBP (2011), a Bacia Sanfranciscana caracteriza-se como:

[...] A Bacia Sanfranciscana é uma cobertura fanerozóica do Cráton São Francisco que ocorre numa faixa alongada, segundo a direção norte-sul, com cerca de 150.000 km<sup>2</sup> e que se estende desde o Triângulo Mineiro até o estado do Maranhão. Sua principal característica é a de que esta estrutura geológica forma o divisor de águas das bacias do Paraná e do São Francisco, não sendo, entretanto, detalhada no presente trabalho além de sua descrição no mapa geológico, uma vez que a mesma ocorre de forma diminuta dentro da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, com relação a todos os outros grupos geológicos vinculados às Províncias do Tocantins e do Paraná.

Figura 18 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Embasamento Geológico / Estrutural.



Fonte: CPRM (2002). Baseado em: PRHBP (2011) Org. Silva. G. C (2017).

#### 4.4 Sistemas de Aquíferos

É de extrema importância para o objeto deste estudo, o conhecimento acerca da eficiência dos sistemas de gestão hídrica existentes, tanto nas águas que escoam superficialmente quanto nas águas subsuperficiais. Cientes que ambas se inter-relacionam devido a fatores do ciclo hidrológico e, segundo o PRHBP (2011), a importância das águas subsuperficiais encontra-se na manutenção dos níveis de base dos cursos fluviais durante os períodos de estiagem.

De acordo com Sanford (2002), o conjunto geológico que comporta as águas subterrâneas é denominado Aquífero, e ainda de acordo com o mesmo autor, as condições climáticas de cada região são condicionantes responsáveis pela recarga desde aquífero. Sendo assim, cabe aos aquíferos a função de armazenar e transmitir a água subterrânea, ou seja, a transmissão pode ocorrer através de fraturas das rochas ou por meio dos poros dos solos que assumem a função de micro canais, além de permitirem a concentração de água nas camadas inferiores formando os lençóis freáticos.

Dentro da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, encontra-se individualizados nove sistemas de aquíferos, apontados pelo PRHBP (2011), como sendo os sistemas de maior representatividade conforme apresentados na figura 19, e apresentam diferentes graus de porosidade, que podem ser classificados de acordo com o quadro 1.

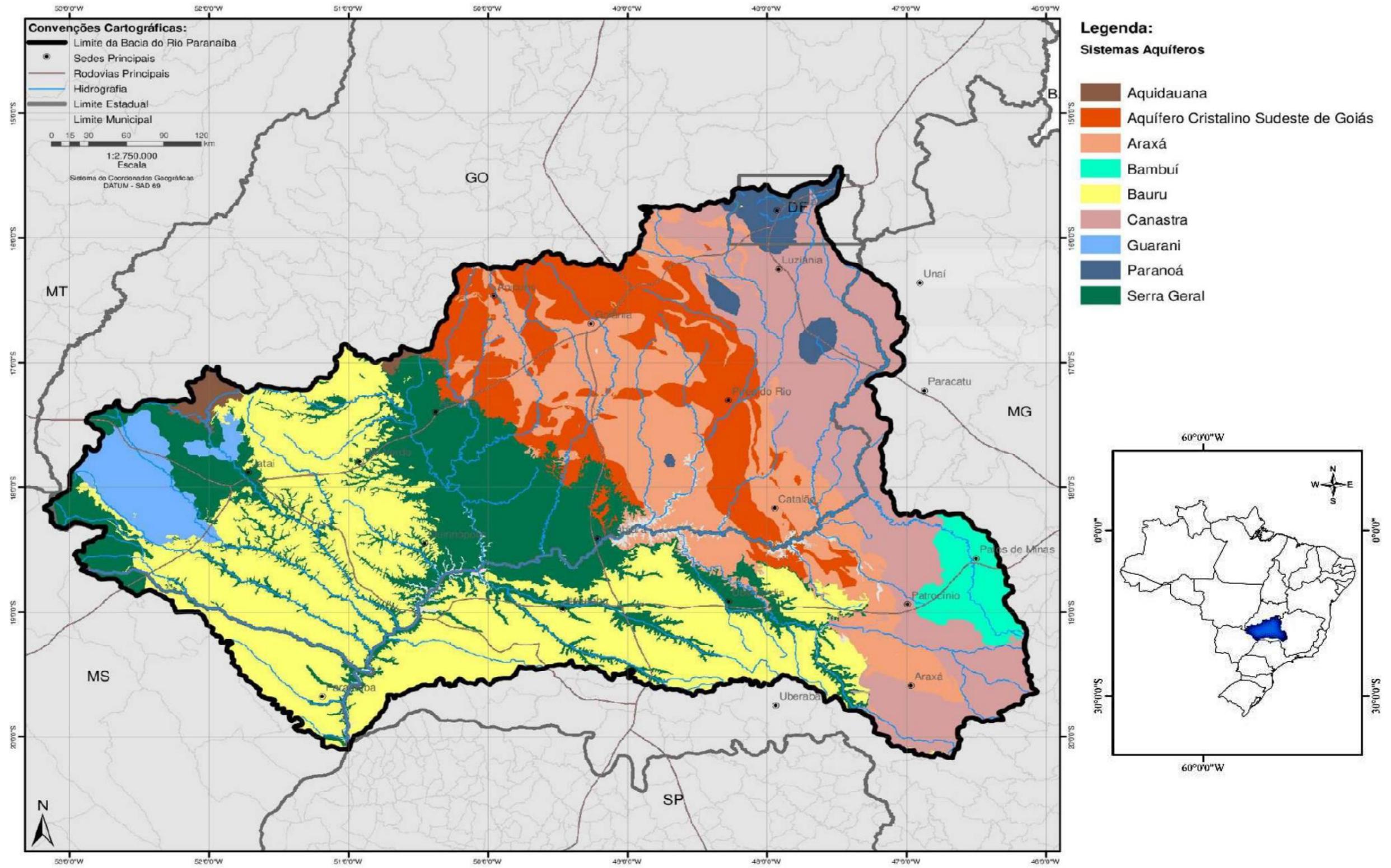
No contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, existem também diversos sistemas com menor expressão e também menor probabilidade de serem explorados, sendo eles os aquíferos Cristalino Sudeste de Goiás, Canastra, Paranoá, Araxá, Bambuí, Aquidauana, Guarani, Serra Geral e Bauru.

**Quadro 1** - Classificação dos Graus de Porosidade dos Aquíferos da Bacia do Rio Paranaíba.

SISTEMAS FRATURADOS	SISTEMAS CÁRSTICOS	SISTEMAS POROSOS
São constituídos predominantemente por rochas cristalinas, metamórficas ou magmáticas, submetidas a deformações rúpteis, responsáveis pela geração de falhas e fraturas que originaram os compartimentos capazes de armazenar a água. Dessa forma, o potencial de cada sistema está relacionado com a densidade, interconexão e espaçamento entre estas estruturas.	Estão representados por litotipos carbonáticos submetidos a processos de dissolução, com a formação de estruturas cársticas subterrâneas preenchidas por água. Quanto à potencialidade destes aquíferos, a mesma está intimamente relacionada com o desenvolvimento do processo de carstificação, com a formação de espaços para armazenamento da água e sua respectiva conectividade.	Incluem rochas com porosidade intergranular, além de rochas porosas afetadas por fraturas gerando porosidades secundárias planares. De uma forma geral, o potencial destes sistemas associa-se com a espessura das camadas saturadas, aliadas às taxas de precipitação pluvial e penetrabilidade das estruturas rúpteis.

**Fonte:** CPRM (2011). **Adaptado** PRHBP (2011). **Org.** Silva. G. C (2017).

Figura 19 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Principais Sistemas de Aquíferos.



Fonte: CPRM (2011). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva, G. C (2017).

## 4.5 Geomorfologia

De acordo com a proposta de Casseti (2005), ao tratar da ciência geomorfológica que objetiva através da análise das formas de relevo e que busca uma compreensão dos processos atuais e passados, de tal forma onde os dados fornecidos por seus apontamentos são capazes de orientar de forma correta o uso e apropriação do espaço para o ser humano.

Desse modo, no que se refere a caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, definem-se dois conjuntos de relevo: O Planalto Central Goiano, correspondente ao Planalto do Distrito Federal e o Planalto Rebaixado de Goiás situados no domínio das rochas metamórficas e metassedimentares. Enquanto o Planalto Setentrional da Bacia do Paraná (Região dos Planaltos Areníticos-Basálticos Interiores), acontece no domínio da Província Paraná, e é subdividida no Planalto (Chapadão) do Rio Verde e Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná (PRHBP, 2011).

Com relação a caracterização geomorfológica da região do Planalto Goiano é predominante as feições de relevo que são respostas as alterações geológicas e apresenta a exposição de estruturas antigas que foram dobradas através de vários ciclos tectônicos estruturais e, portanto, a tectônica local exerceu grande influência na ordenação das drenagens. De acordo com Mendes Silva (2014), uma característica marcante no Planalto Goiano é a dinâmica climática extremamente favorável a ação dos agentes intempéricos, pois atua de forma diferenciada na modelagem do relevo, ocasionando um maior desgaste do relevo se for comparado as demais áreas da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Já com relação a Bacia do Paraná, a mesma possui suas características geomorfológicas representadas por extensos planaltos cobertos por sedimentos do período Paleomesozóico. Por serem os pontos mais altos da paisagem, essas estruturas são denominadas de acordo com a hidrologia como divisores de drenagem e, portanto, no contexto geral da Bacia do Paraná, consta haver a existência dos divisores que são pontualizados como desníveis altimétricos significativos. Tais levantamentos, destacam cotas altimétricas com aproximadamente 1.000 metros sendo então encontradas nas bordas da bacia e a cota altimétrica em torno de 420 metros encontrada próximo ao rio, o que lhe configura como uma rampa, vinculada à sinéclise da Bacia do Paraná (PRHBP, 2011).

O Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, de acordo com o PRHBP (2011), situa-se na região sudeste do estado de Goiás, além de possuir algumas parcelas ao extremo oeste do estado mineiro e ao nordeste de Mato Grosso do Sul. Trata-se de um imenso planalto dividido em topografias distintas, devido principalmente a ação dos processos erosivos que aconteceram

no passado. Drenado pelos afluentes da margem direita do médio e baixo curso do Rio Paranaíba, essa área tem características de relevo relacionadas a tectonismo pretérito que ocorreram na Bacia do Paraná, deixando assim áreas mais susceptíveis a erodibilidade. O quadro 2, conjuntamente com a figura 20, trazem toda a subdivisão geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, onde:

**Quadro 2** - Subdivisão Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

<b>SUBDIVISÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PLANALTO CENTRAL GOIANO.</b>	
<b>1A - Planalto do Distrito Federal</b>	<b>1B - Planalto Rebaixado de Goiás</b>
<p>Este compartimento localiza-se na porção extremo-nordeste da bacia, com 69,15% de sua área recobrimdo o estado de Goiás, 14,63% no território do Distrito Federal, além de 16,21% em Minas Gerais. Apresenta um conjunto de relevo constituído por superfícies tabulares elevadas (1.200m), e que se unem a patamares rebaixados através de escarpas erosivas, que demonstram desníveis da ordem de 150 metros. As formas tabulares geralmente apresentam superfícies erosivas relacionadas a estruturas representativas do relevo residual e são separadas por vales de fundo plano. Estas superfícies encontram-se recobertas por sedimentos terciários-quadernários. A porção rebaixada do Planalto do Distrito Federal apresenta-se dissecada e é sustentada por rochas do grupo Araxá, predominantemente quartzitos</p>	<p>O Planalto Rebaixado de Goiás limita-se ao norte com o Planalto do Alto Tocantins- Paranaíba, a nordeste com o Planalto do Distrito Federal e a sul-sudeste com o Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, constituindo uma zona de transição entre ambos. Abrange boa parte da porção nordeste da bacia, com 66,26% de sua área localizada no estado de Goiás e 33,73% no estado vizinho, Minas Gerais. A superfície geomorfológica geral desse vasto planalto rebaixado é bastante dissecada sob formas variadas, que vão desde as formas tabulares de relevo até estruturas convexas, geralmente moldadas nas rochas quartzíticas do Grupo Araxá. Apresenta altimetrias entre 650-850 metros, com modelados de dissecção geralmente tabulares e interflúvios amplos. Abriga cursos d'água volumosos, como o Rio Corumbá por exemplo, que encontram-se fortemente encaixados e controlados por estruturas geológicas subjacentes.</p>
<b>SUBDIVISÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PLANALTO SETENTRIONAL DA BACIA DO PARANÁ</b>	
<b>2A - Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná</b>	<b>2B - Planalto Rebaixado de Goiás</b>
<p>A unidade geomorfológica Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná ocorre na porção sul da bacia com 47,34% de sua área inserida no estado de Goiás, 44,76% em Minas Gerais, além de uma pequena porção localizada na região nordeste de Mato Grosso do Sul (7,9%). Compreende dois compartimentos topográficos distintos: o primeiro mais elevado, com altitudes entre 650-1.000 metros; e o segundo mais rebaixado, com cotas altimétricas entre 350-650 metros. Suas formas de relevo, em geral tabulares, são sustentadas pelos derrames basálticos da formação Serra Geral. Os interflúvios são extensos, com caimento predominante em direção ao Rio Paranaíba. Sua paisagem é muito homogênea, devido ao caráter denudacional existente, sendo interrompida por alguns residuais de topos planos e com bordas escarpadas.</p>	<p>O Planalto do Rio Verde localiza-se na porção noroeste da bacia do Rio Paranaíba, com 96,83% de sua área na região sudoeste de Goiás e 3,17% no estado de Mato Grosso do Sul. Corresponde à junção de conjuntos de relevo de feições complexas, apresentando em geral sulcos adaptados às estruturas tectônicas; formas de relevo convexas associadas a formas tabulares mais amplas e com drenagem pouco entalhada e relevos residuais de topos tabulares. É comum também a presença de pavimentos detrítico superficiais recobrimdo as vertentes. Em geral é constituído por modelados com feições homogêneas de relevo, que demonstram formas muito amplas e superfícies mais suavizadas. Quando a superfície de aplainamento conservada é muito extensa, apresenta configuração de chapadas, constituindo dispersores de drenagem. Sobre este modelado são observadas feições geomorfológicas locais de aspecto variado, incluindo formas de dissecção tabulares e estruturas geomorfológicas convexas. Litologicamente esta feição do modelado está associada aos arenitos cretáceos do Grupo Bauru, sendo que nas partes mais elevadas predominam as coberturas detrítico- lateríticas.</p>

**Fonte:** Baseado em PRHBP (2011) Org. Silva. G. C (2017).



#### 4.6 Hipsometria: Aspectos Gerais

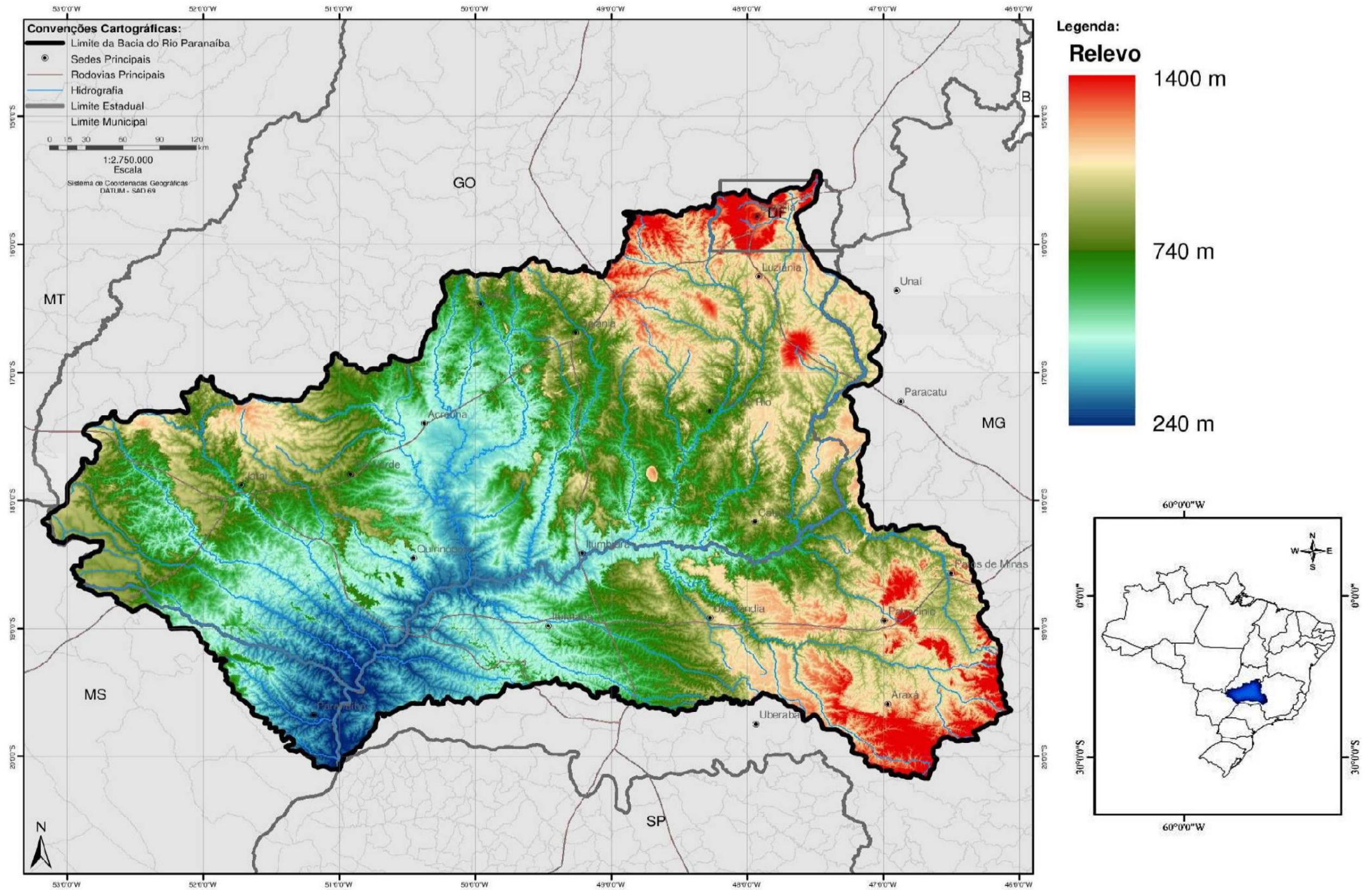
Buscando compreender melhor as feições geomorfológicas, o PRHP (2011), buscou elaborar a análise hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba com o intuito de demonstrar as áreas com altitudes superiores a 1800 metros, ressalta-se que a maior cota encontrada foi 1401 metros. Buscando sintetizar o levantamento hipsométrico foi elaborado o quadro 3, conjuntamente com a figura 21, apresentam toda representação onde:

**Quadro 3** - Subdivisão Hipsométrica da Bacia Hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

SUBDIVISÃO	CARACTERIZAÇÃO
<b>MENORES ALTITUDES</b>	<p>A porção sudoeste da bacia - presente na chamada Província Paraná - concentra as menores altitudes topográficas da área de estudos. Esse baixo altimétrico ocorre ao longo do canal principal do Rio Paranaíba e o médio a baixo curso de seus principais afluentes da margem esquerda, como no caso dos rios Formoso, Santana, Aporé, Corrente, Verde, Claro, Preto, Rio dos Bois e Rio Meia Ponte, bem como os rios Arantes, da Prata e Tijuco localizados na margem direita. Os rios acima descritos encontram-se inseridos na Formação Vale do Rio do Peixe (Grupo Baurú), que é composta exclusivamente por arenitos, indicando o intenso trabalho erosional dos corpos hídricos existentes nessa região em particular.</p> <p>Merece destaque a expansão deste baixo topográfico - que se inicia nas imediações do exutório da bacia, em direção às cabeceiras do Rio Turvo e do Rio dos Bois - caracterizando um conjunto de vales, que estão vinculados por sua vez aos materiais geológicos pertencentes à Formação Serra Geral (Grupo São Bento).</p> <p>Geomorfologicamente, esta área da bacia compõe em grande parte o chamado “Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná”, vinculado a borda norte desta bacia sedimentar de mesmo nome, e parte do Planalto do Rio Verde.</p>
<b>MAIORES ALTITUDES</b>	<p>Já os pontos de maior altitude estão localizados na margem nordeste, representados pelos Grupos Araxá e Paranoá; e na margem leste - sudeste, representados pelos Grupos Canastra e Baurú (especificadamente a Formação Marília), ambos localizados na chamada Província Tocantins. Esta porção da bacia compreende o alto e médio curso dos rios Piracanjuba, Corumbá, Veríssimo e São Marcos, na margem direita do Rio Paranaíba; e Ribeirão Verde, Rio Dourados e Rio Araguari, em sua margem esquerda.</p> <p>De modo geral essas unidades geológicas compõem-se de rochas metamórficas, tais como xistos, quartzitos e filitos, ou sedimentos silicificados, como no caso da Formação Marília, ambas de maior resistência aos processos intempéricos e erosionais de denudação, quando comparadas às rochas essencialmente sedimentares, resultando dessa forma em porções mais elevadas na bacia.</p> <p>Geomorfologicamente, esta área da bacia compõe o Planalto do Distrito Federal (nas cotas mais elevadas) e o Planalto Rebaixado de Goiás (topograficamente abaixo do Planalto do Distrito Federal).</p>

**Fonte:** Baseado em PRHP (2011). **Org.** Silva. G. C (2017).

Figura 21 – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Características Hipsométricas.



Fonte: EMBRAPA (2006). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

#### 4.7 Declividade: Aspectos Gerais.

Na mesma perspectiva da abordagem hipsométrica, o PRHBP (2011) buscou executar dentro da bacia do Rio Paranaíba, conforme representado na figura 22, uma análise destacando as declividades existentes. Acredita-se, que assim será possível efetuar ações no contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, que venham a contemplar o Código Florestal brasileiro vigente e, portanto, o mesmo advoga em suas normas para áreas com inclinação superior a 45° encosta(s), estas devem ser caracterizadas como áreas de proteção permanente. Delimita-se assim, áreas de extrema importância ambiental dentro da bacia do Rio Paranaíba.

O quadro 4, busca apresentar sinteticamente os resultados das análises feitas através do mapa de declividades.

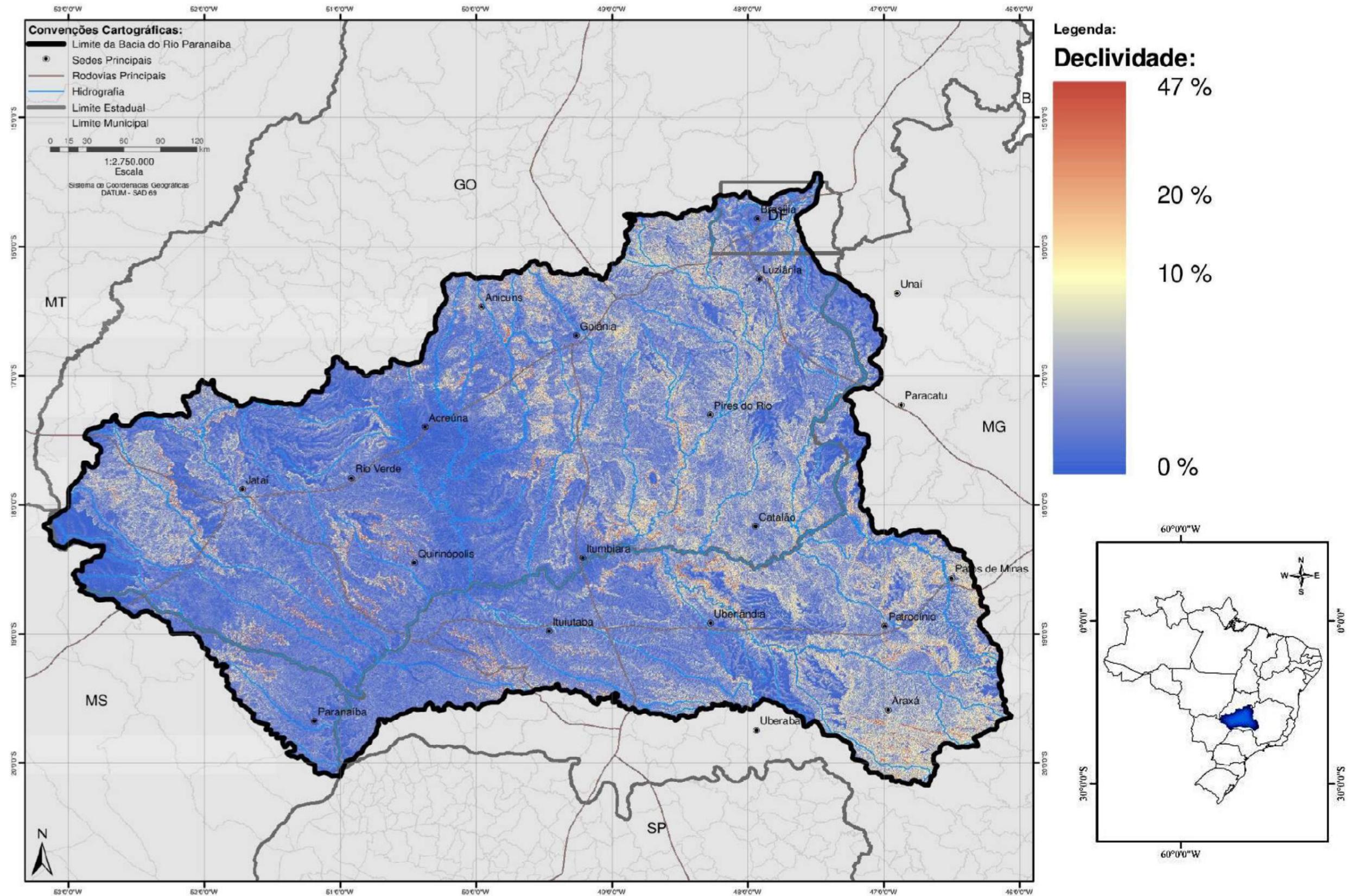
**Quadro 4** - Subdivisão da declividade existente na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

SUBDIVISÃO	CARACTERIZAÇÃO
<p align="center"><b>Menores Declividades</b></p>	<p>Já os terrenos de baixa declividade estão localizados principalmente ao longo do curso dos rios Verde, Turvo e dos Bois - correlacionados com a existência nesta área da bacia, de materiais geológicos pertencentes à Formação Serra Geral, que são caracterizados como derrames de lavas de idade Jurássica - além de boa parte das bacias hidrográficas dos afluentes do médio e baixo curso do Rio Paranaíba, correlacionados desta vez com as rochas sedimentares vinculadas à Formação Vale do rio do Peixe.</p>
<p align="center"><b>Maiores Declividades</b></p>	<p>Valendo-se destas correlações e observando a carta de declividades gerada, percebemos que as maiores declividades se concentram na porção oriental da bacia, onde predominam os modelados de dissecação do tipo tabular, com densidade muito fraca de aprofundamento da drenagem e conseqüente prevaecimento do escoamento superficial. Esta porção da bacia com maiores declividades está presente geomorfologicamente nos chamados Planalto do Distrito Federal e Planalto Rebaixado de Goiás, compreendendo materiais geológicos representados por rochas metamórficas e sedimentos silicificados.</p>

Fonte: Baseado em PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

Sendo assim, as figuras 21 e 22 podem ser usadas como ferramenta de apoio para as políticas de uso e ocupação dos solos, pois através de suas interpretações possibilitam uma melhor pontualização quanto a áreas propensas a maior perda de sedimentos pelo escoamento superficial, permitindo a adoção de medidas de prevenção contra impactos ambientais, sejam os impactos presentes quanto futuros (SILVA, 2014).

Figura 22 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Mapa das Declividades.



Fonte: EMBRAPA (2006). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

#### 4.8 Clima: Caracterização

A dinâmica dos fatores climáticos da região de acordo com Silva (2012), sofrem influências das seguintes massas de ar: Tropical Continental, Equatorial Continental, Tropical Atlântica e Polar Atlântica. Estas massas de ar, apresentam significativas variações condicionadas pela continentalidade e pelas feições topográficas.

A classificação climática proposta por Köppen (1928), para a Bacia do Rio Paranaíba é do tipo “Aw”, e é correspondente a um clima tropical quente em todas as estações do ano e com a temperatura média mensal em torno  $\geq 18^{\circ}\text{C}$ , além de possuir um inverno seco.

Para Flauzino *et al.* (2010), a classificação proposta por Köppen (1928), pauta-se nas particularidades dos regimes de chuva e de temperatura do ar o que reflete diretamente na flora de uma região, pois a mesma está condicionada ao tipo climático.

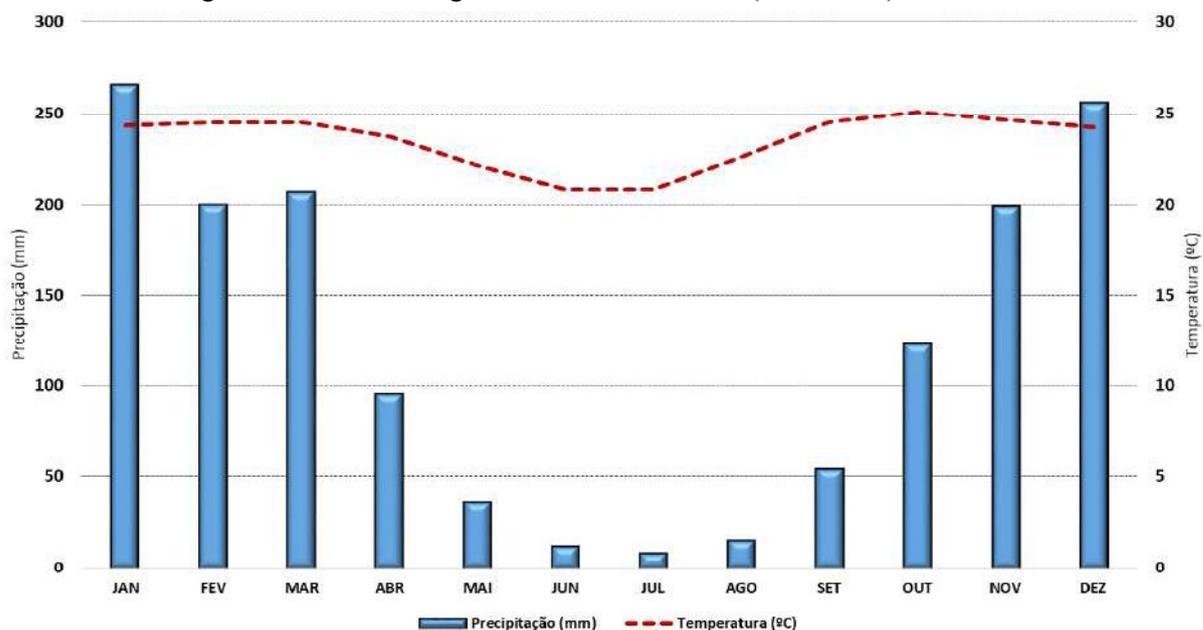
Para Mendes Silva (2014), a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, possui propriedades climáticas diversificadas e, portanto, tais características estão condicionadas as variações hipsométricas e sua posição quanto à atuação dos sistemas dinâmicos dos agentes climáticos que atuam direta e indiretamente no regime pluvial.

E com relação às precipitações anuais Mendes Silva (2014), enfatiza que é na porção leste/norte e na porção sudeste da bacia do Rio Paranaíba que ocorrem as maiores médias e, portanto, elas estão diretamente correlacionadas às características de altitude da região, ou seja, os condicionantes altimétricos elevados.

Dessa forma, os estudos propostos por Martins e Rosa (2012), apontam que nas regiões com menor índice altimétrico, estas apresentaram tendências de redução nos totais anuais de precipitação em toda bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Mendes Silva (2014), faz associação entre as variáveis altitude e variação espacial da temperatura, concluindo a incidência no índice de temperatura se então analisados com relação à cota altimétrica e o índice pluviométrico, ou seja, quanto maior for a cota altimétrica da região, menor é será a temperatura e maior será a média pluviométrica, sendo então, o oposto inversamente proporcional.

De acordo com o mesmo autor *op cit.*, ao elaborar o climograma da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, apresentado no gráfico 1, constatou-se que o período entre os meses de outubro a março compreende o estágio de maior precipitação, com um total de 85% da anual, ou seja, verifica-se que a sazonalidade das precipitações, está associada às temperaturas um tanto quanto elevadas no verão e são variáveis determinantes na quantificação da evaporação e umidade relativa do ar.

**Gráfico 1** - Climograma da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba (1973-2011).

**Fonte:** Mendes Silva (2014). **Org.** Silva. G. C (2017).

Com relação aos dados da umidade relativa do ar, é notório que pode variar conforme a dinâmica de circulação atmosférica, conforme evidencia o PRHBP (2011):

[...]O ar mais seco entre os meses de maio a agosto, associado aos ventos mais intensos do Anticiclone do Atlântico Sul, provocam maior demanda evaporativa da atmosfera junto ao solo. Os menores valores ocorrem no mês de agosto, com médias próximas aos 50%. A maior umidade ocorre quando predomina o sistema de convergência do Atlântico Sul, destacada no período de novembro a abril, encontrando-se acima dos 75%. Esse fato explica em parte a sazonalidade marcante da região e o estado de estabilidade atmosférica, como nos meses de junho a setembro, com umidade geralmente abaixo dos 65%. Os maiores índices de umidade relativa são registrados nos meses de dezembro e janeiro, com valores médios superiores a 80%.

Segundo o Mendes Silva (2014), ao tratar das temperaturas médias anuais, descreve o padrão de ocorrência da seguinte forma: as ocorrências das temperaturas mínimas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba permanecem por volta de 16°C e/ou 18°C e, no entanto, durante o período analisado e foram identificadas no município de Araxá/MG, enquanto as temperaturas máximas identificadas foram de 22°C, sendo estas encontradas praticamente na região central da bacia.

Portanto, a amplitude térmica na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, entre a temperatura mínima e máxima durante o ano é por volta de 6°C. A figura 23, representa a espacialização das temperaturas médias anuais na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.



Outro fator observado, foi a existência de pouca variação nos índices de precipitação, com relação ao total anual para os valores totais médios, estes valores ficaram aproximadamente por volta de 1300 mm e os valores máximos por volta de 1800 mm. Dessa forma, estima-se que o valor médio previsto para toda a bacia do Rio Paranaíba, ficaria avaliado em torno de 1500 mm de acordo com o (PRHPB, 2011).

Sendo assim, a classificação do balanço hídrico, proposta por Thornthwaite, caracterizou a bacia do Rio Paranaíba como úmida e com pequeno déficit hídrico no inverno, sendo mesotérmico e com concentração da evapotranspiração no verão com índice percentual inferior a 48% (PRHPB, 2011).

Para Mendes Silva (2014) a estação seca que abrange o período de abril a setembro, conseqüentemente possui baixos índices pluviométricos, acentuando o déficit hídrico impreterivelmente nos meses de junho a setembro.

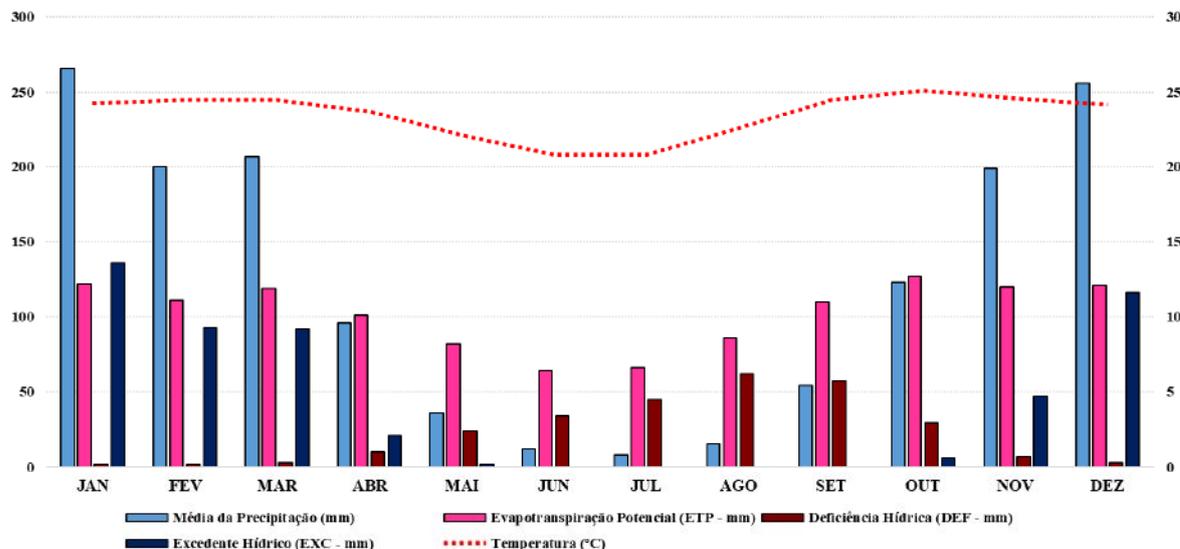
A estação chuvosa, compreendendo os meses de outubro a março, apresenta também maior pluviosidade, e maior temperatura elevando assim os índices de evapotranspiração. Em síntese, conjuntamente o gráfico 2 e o quadro 5, demonstram que embora a evapotranspiração seja elevada, ainda ocorre a existência do excedente hídrico, e este é responsável pela reposição da água no solo e, por conseguinte, possibilita superar os altos índices de evapotranspiração (MENDES SILVA, 2014).

**Quadro 5** – Informações sobre o balanço hídrico climatológico na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (1973-2011).

VARIÁVEIS	PRIMEIRO SEMESTRE					
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Média da Precipitação (mm)	266	200	207	96	36	12
Evapotranspiração Potencial (ETP - mm)	122	111	119	101	82	64
Deficiência Hídrica (DEF - mm)	2	2	3	10	24	34
Excedente Hídrico (EXC - mm)	136	93	92	21	2	0
Temperatura (°C)	24,3	24,5	24,5	23,7	22,1	20,8
VARIÁVEIS	SEGUNDO SEMESTRE					
	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Média da Precipitação (mm)	8	15	54	123	199	256
Evapotranspiração Potencial (ETP - mm)	66	86	110	127	120	121
Deficiência Hídrica (DEF - mm)	45	62	57	29	7	3
Excedente Hídrico (EXC - mm)	0	0	0	6	47	116
Temperatura (°C)	20,8	22,6	24,5	25,1	24,6	24,2

Fonte: Mendes Silva, M., (2013). Org. Silva. G. C (2017).

**Gráfico 2** - Extrato mensal do balanço hídrico climatológico na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (1973-2011).



Fonte: Mendes Silva (2014). Org. Silva. G. C (2017).

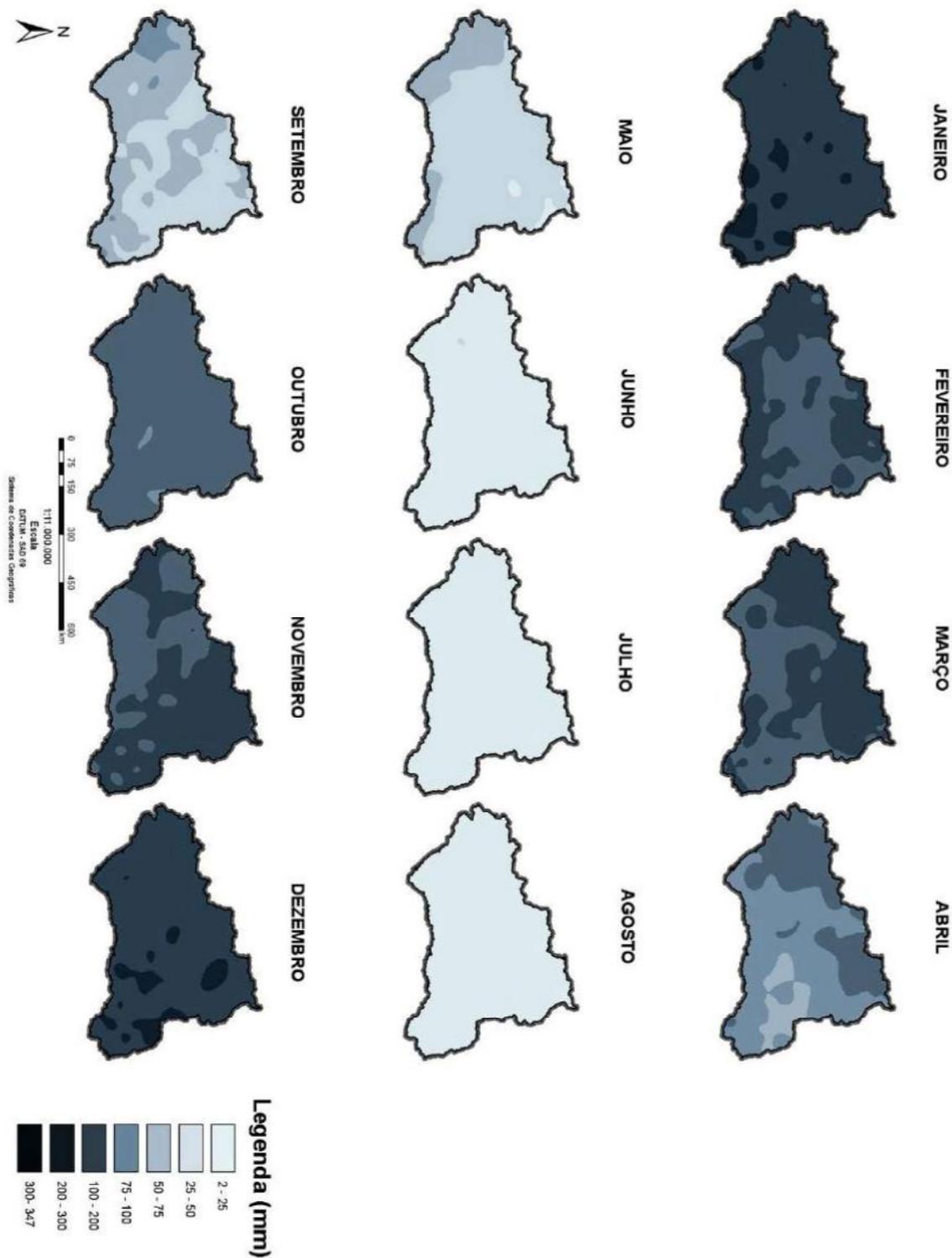
De acordo com Mendes Silva (2014), acerca da estação chuvosa ressalta-se:

[...] outro aspecto importante é que durante a estação chuvosa sistemas atmosféricos dinâmicos como frentes frias e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) contribuem para a ocorrência de chuvas torrenciais duradouras que também são prejudiciais à agricultura, além de serem maléficas para a população devido às enchentes que costumam atingir áreas urbanas.

E por fim, na caracterização do período seco, as quantidades de precipitações são quase inexistentes, o que resulta na deficiência hídrica, principalmente entre os meses de junho a setembro. Com temperaturas médias mensais um pouco baixas, auxiliam para a perda de água do solo e, também diminui a umidade relativa do ar, com menores registros em agosto, com médias que se aproximam a 50% (PRHPB, 2011).

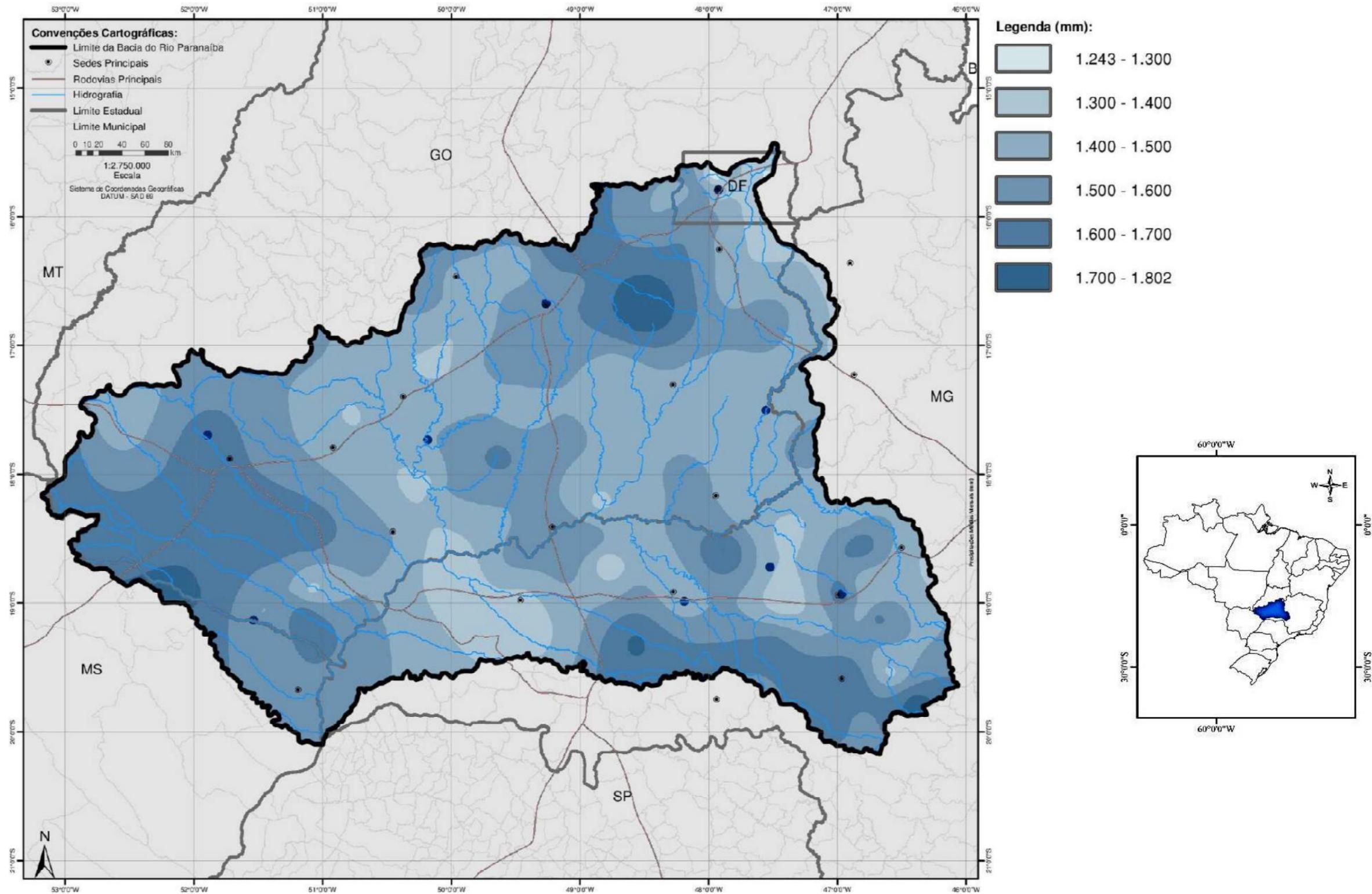
As espacializações mensais e anuais foram feitas pelo PRHPB (2011) e, demonstradas nas figuras 24 e 25, complementam a análise da distribuição das precipitações no espaço físico da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

**Figura 24** - Comportamento das precipitações mensais ao longo do ano na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



Fonte: ANA (2006). Baseado em: PRHBP (2011) Org. Silva. G. C (2017).

Figura 25 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Mapa das precipitações médias anuais.



Fonte: ANA (2006). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

#### 4.9 Caracterização Pedológica

A caracterização pedológica, traz tanto a classificação quanto o mapeamento das diferentes formações pedológicas (tipos de solos) e, portanto, busca apresentar a avaliação do potencial da bacia hidrográfica com base no manejo do solo, apresentando também sua condição quanto a ocorrência de processos erosivos, focando sempre nos padrões qualitativos das diversas regiões que compõe a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba (PRHBP, 2011). Neste enfoque, os diferentes tipos de solos podem ser compreendidos também como materiais oriundos da decomposição litológica, e com isso, suas propriedades dependem então do material de origem, da geomorfologia e dos fatores climáticos. De acordo com Oliveira (2008), outra visão, acerca dos diferentes tipos de solos está na ótica de analisá-los como superfície em processo de formação. Este ponto de vista, se dá devido ao suporte que os diferentes tipos de solos exercem na vida animal e vegetal, sendo então importantes para manutenção de todos os ecossistemas terrestres. A tabela 18, além de indicar a quantificação das diferentes classes de solos, sendo estas as mais representativas em toda a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, onde:

**Tabela 18** - Área ocupada pelas classes de solos mais representativas na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

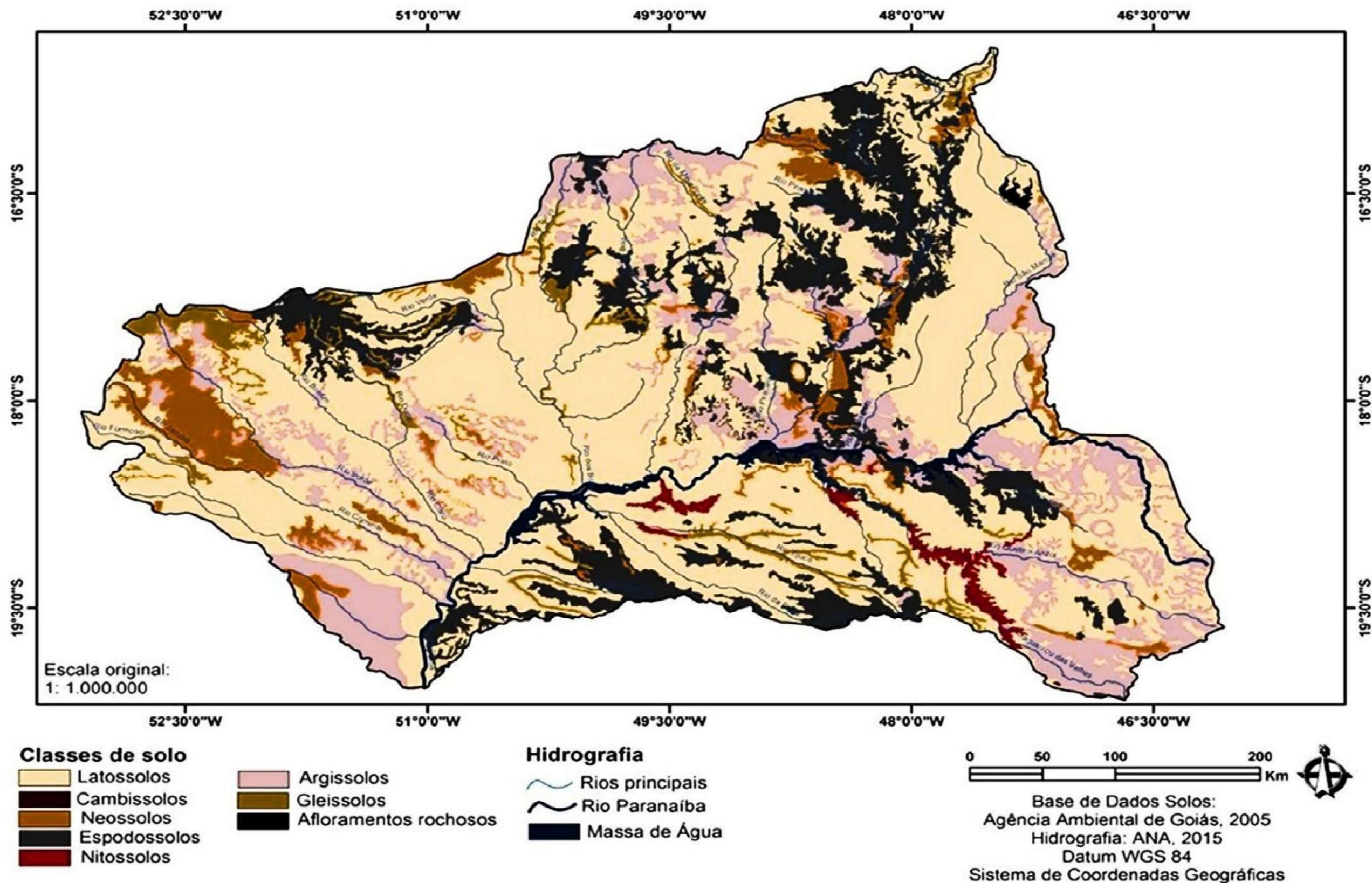
CLASSES DE SOLOS	ÁREA (ha)
Latossolos	13.873.097,20
Cambissolos	3.940.324,50
Podzólico	2.211.862,10
Solo Litólico	628.451,10
Glei pouco húmico	400.975,60

**Fonte:** PRHBP (2011). Adaptado **Org.** Silva. G. C (2017).

Na Bacia do Rio Paranaíba, segundo o PRHBP (2011), ressalta-se que grande percentual da bacia se encontra sobre o predomínio pedológico dos Latossolos, aproximadamente 63% ocupando uma área de mais ou menos 13 milhões de hectares. Posteriormente, aparecem os Cambissolos (18%) com aproximadamente 3 milhões de hectares, em seguida os solos podzólicos que representam 10% da área, já os litólicos, gleissolos e areia quartzosa somam 9% de área.

Segundo Fonseca (2016), as classes pedológicas que compõe a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, são representadas conforme a figura 26, onde:

Figura 26 - Bacia do Rio Paranaíba: Principais Classes Pedológicas (2016).



Fonte: ANA (2015), Baseado em: Fonseca, S.F. (2016).

#### 4.10 Aptidão para Agricultura

Após a caracterização pedológica da bacia do Rio Paranaíba, segundo o PRHBP (2011), com a disponibilidade dos dados gerados, foi possível elaborar a análise de aptidão agrícola dos solos. Para tal, a EPE (2006) limitou os seguintes fatores de uso agrícola do solo: a fertilidade natural, o excesso de água, a deficiência hídrica, a suscetibilidade à erosão e os impedimentos ao uso de implementos agrícolas. Com isso, buscou-se estabelecer o entendimento sob a ótica econômica e ambiental. Conforme a figura 27, permite-se estabelecer projetos de integração de uso e ocupação e das técnicas agricultáveis a serem aplicadas dentro da bacia hidrográfica, destacando também regiões com solos mais propícios a agricultura. As classes de aptidão apresentadas na tabela 19 são as adotadas pelo estudo da EPE (2006):

**Tabela 19** - Classes de aptidão agrícola da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

CLASSES	CARACTERIZAÇÃO
<b>CLASSE BOA</b>	Terras sem limitações significativas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado.
<b>CLASSE REGULAR</b>	Terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado.
<b>APTAS PARA PASTAGEM</b>	Terras que não apresentam limitações para pastagem, necessitando de avaliação posterior, de acordo com os demais mapeamentos realizados na elaboração do Diagnóstico.
<b>CLASSE RESTRITA</b>	Terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado.
<b>CLASSE INAPTA</b>	Terras não indicadas para a produção sustentada de culturas de ciclo curto e longo. Em geral, são indicadas para a preservação da flora e da fauna.

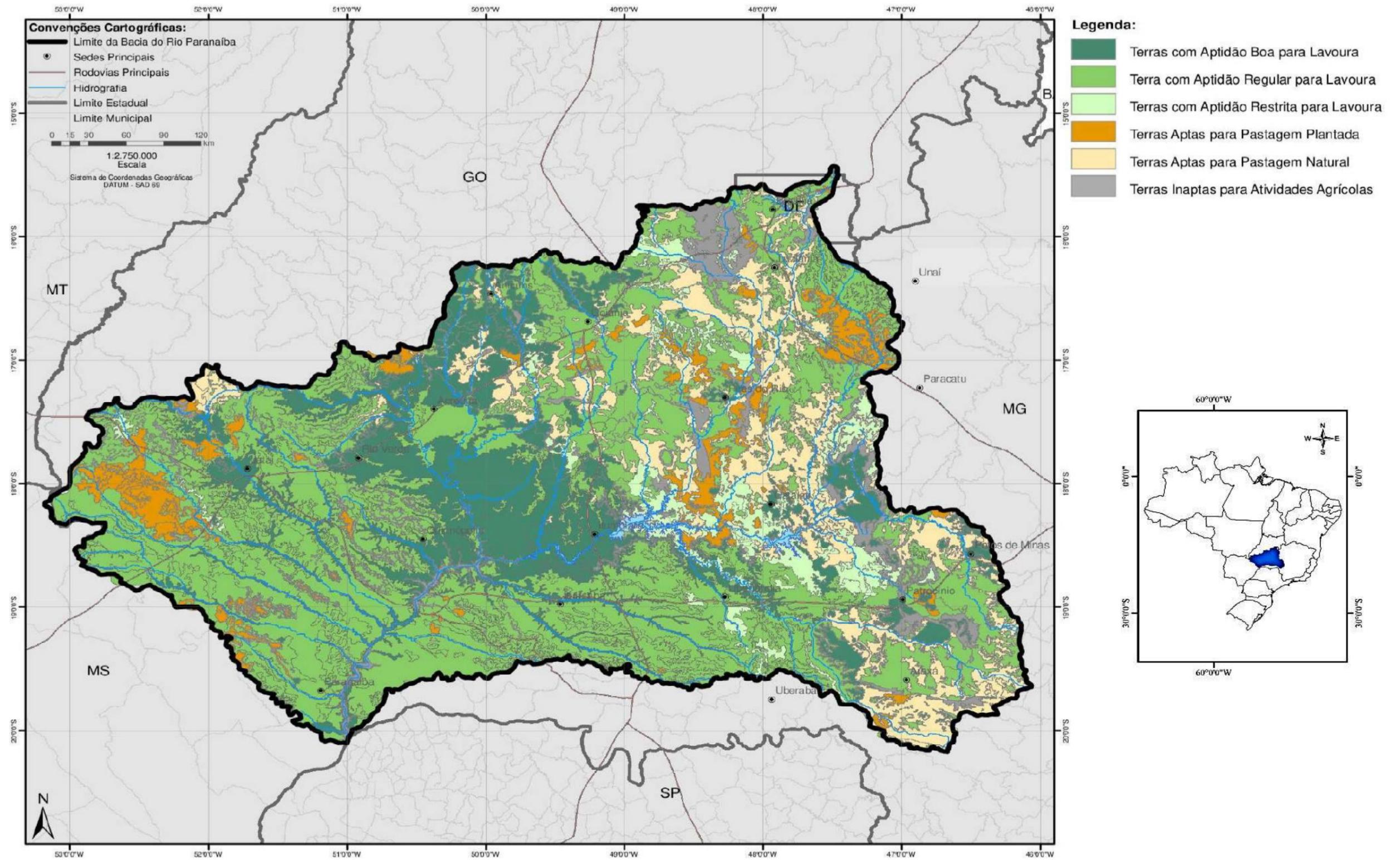
Fonte: PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

Na região da bacia do Rio Paranaíba, de acordo com o EPE (2006), chegou-se à seguinte conclusão, onde:

[...] A maior parte da bacia do Rio Paranaíba, que corresponde a 52% da superfície, apresenta aptidão regular para lavouras. As terras com aptidão boa para lavoura encontram-se predominantemente na área central e representam 19% da área total da bacia. Terras aptas para pastagem natural (13%) estão localizadas principalmente na porção oriental da bacia e muitas vezes coincidem com áreas de colinas. As terras aptas para pastagem plantada (5% da área total) estão localizadas principalmente em faixas nas partes leste e oeste da bacia. Também apresentam menor ocorrência as terras inaptas para agricultura (5%) e com aptidão restrita para lavoura (6%).

Pode-se afirmar então que a parte mais agricultável se encontra na parte central da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Figura 27 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Aptidão Agrícola (2011).



Fonte: EPE (2006). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

#### 4.11 Caracterização do Meio Biótico

O levantamento do meio biótico na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, efetuado pelo PRHBP (2011), aponta que devido ao seu tamanho e por ser tratar de uma bacia hidrográfica interestadual, a bacia hidrográfica é contemplada em grande parte pelo bioma Cerrado, e possui uma pequena área que segue as margens do Rio Paranaíba coberta pelo bioma da Mata Atlântica. Ressalta-se que ambos os biomas são de suma importância para a conservação e preservação ecossistêmica regional e, portanto, auxiliam também na manutenção da qualidade da água garantindo a longevidade dos recursos hídricos.

Com relação a abordagem sobre a definição conceitual de bioma, a proposta feita por Coutinho (2006), busca uma abordagem importante definindo o conceito da seguinte forma:

[...] um bioma é uma área do espaço geográfico, com dimensões de até mais de um milhão de quilômetros quadrados, que tem por características a uniformidade de um macroclima definido, de uma determinada fitofisionomia ou formação vegetal, de uma fauna e outros organismos vivos associados, e de outras condições ambientais, como a altitude, o solo, alagamentos, o fogo, a salinidade, entre outros. Estas características todas lhe conferem uma estrutura e uma funcionalidade peculiares, uma ecologia própria

A compreensão dos fatores relevo e vegetação, são vistas com o direcionamento sempre voltado para o equilíbrio, e permite a adoção racional da intervenção humana em qualquer setor da bacia hidrográfica, e assim garante-se a longevidade dos ecossistemas e recursos naturais. Desse modo, o bioma Cerrado, conforme afirma Ribeiro e Walter (2008), pode sofrer algumas subdivisões, ou seja, no ponto de vista voltado com relação a diversidade existente principalmente do Cerrado Brasileiro que se reclassifica em dez fitofisionomias distintas, sendo que estas se encontram divididas em três grupos vegetacionais, sendo eles:

[...] Mata Ciliar, Mata Seca ou Floresta Estacional Decidual e o Cerradão; as formações savânicas: Cerrado sentido restrito ou Cerrado Típico, Campo Cerrado, Palmeiral e Vereda; e as campestres: Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre. Para Eiten (1993), este Bioma é dividido em quatorze tipos de paisagens diferentes sendo elas: Campo Limpo de Cerrado, Campo Rupestre, Campo Sujo, Campo Cerrado, Cerrado senso-restrito, Cerradão, Campo de Murundus, Buritizal e Veredas, Campo Úmido, Brejos Permanentes, Pantanal, Floresta Baixa, Floresta Mesofítica decídua e Floresta Mesofítica semidecídua.

Contudo, mesmo sendo extremamente rico e dotado de tamanha diversidade, o bioma Cerrado apresenta apenas 7,44% de sua área protegida por unidades de conservação (federais/estaduais/municipais), sendo que 2,91% correspondem a Unidades de Conservação Integral (Silva, 2012). Visto que a sensibilidade em preservar cada vez mais as variações fitofisionômicas do bioma Cerrado, o governo definiu que as Áreas Úmidas do Cerrado,

conforme a legislação federal e estadual, deveram ser vistas como Áreas de Preservação Permanente (Silva, 2012).

Dessa maneira, o PRHBP (2011), confere as seguintes características ao bioma Cerrado considerando-as da seguinte forma:

[...] que a vegetação apresenta fenologia marcadamente sazonal, com incremento da biomassa na estação das chuvas –outubro a maio – e dessecação das partes aéreas na estação seca - junho a setembro– o que favorece a ocorrência de incêndios naturais e, também, decorrentes da ação antrópica. Enfatiza-se que vários fatores podem contribuir para que as espécies tenham diferentes níveis de sensibilidade ao fogo. A diferença de sensibilidade ao fogo também tem um importante papel na dinâmica do ecótono Cerrado-mata. Ecótono é a região de transição / contato entre dois biomas (ou zona de formações distintas), normalmente é uma região de alta diversidade biológica.

De acordo com Santos (2016), as diversidades fitofisionômicas do Cerrado, pertencentes a área de estudo, referem-se a Mata Ciliar, a Mata de Galeria, as Veredas e o Campo úmido que, de acordo com a Lei Federal Nº 12.651 de 25 de maio de 2012, deve-se dispor sobre a proteção da vegetação nativa. O Código Florestal Brasileiro ressalta que tanto as Matas ciliares e de galeria, bem como as Veredas, são formações vegetais consideradas como áreas de preservação permanente (APP).

O mesmo autor *op cit.* assegura que sobre as áreas de preservação permanente necessitam urgentemente serem mantidas, pois:

Apesar de serem protegidas por Leis bastante restritivas, ainda é acelerado o processo de antropização dessas áreas que vem sofrendo com a exploração desordenada e predatória de suas APP's. Essa degradação pode causar sérios danos ambientais como: perda de qualidade da água, erosão e perda de nutrientes do solo, aumento de pragas das lavouras, assoreamento dos rios e enchentes, alterações e desequilíbrios climáticos e consequentemente redução da atividade pesqueira, (PRHBP, 2011).

No entanto, outro fator encontrado dentro da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, e até então destaca-se é o crescimento urbano desordenado. Com isso, a diversidade de impactos ambientais se multiplica assustadoramente e, para tanto, uma medida preventiva sugerida para a preservação do bioma Cerrado recai sobre a adoção dos corredores ecológicos, como medidas paliativas nos processos de uso e ocupação da bacia (PRHBP, 2011).

[...] O manejo é integrado para ampliar a possibilidade de sobrevivência de todas as espécies, a manutenção de processos ecológicos e evolutivos e o desenvolvimento de uma economia regional baseada no uso sustentável dos recursos naturais.

O outro bioma de menor expressão territorial é a Mata Atlântica, apesar de ocupar pouco espaço físico dentro da bacia, a Mata Atlântica é o principal bioma que margeia o Rio Paranaíba. Os levantamentos de Santos (2016) destacam que:

[...] A Mata Atlântica abrange uma área de 1.103.961 km<sup>2</sup> sendo que 75,88% de cobertura vegetal foi suprimida conforme dados de 2008, restando apenas 22,25% de vegetação nativa remanescente. Os corpos d'água correspondem aos outros 1,87%. Na bacia em estudo essa vegetação remanescente pode ser localizada ao Norte, na região Centro-Sul e especificamente ao longo do Rio Paranaíba, (ROSA e SANO, 2014).

O Decreto Lei n. 750/1993, busca caracterizar o Domínio da Mata Atlântica como:

O espaço que contém aspectos fitogeográficos e botânicos que tenham influência das condições climatológicas peculiares do mar incluindo as áreas associadas delimitadas segundo o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE,1993) que inclui as Florestas Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, manguezais, restingas e campos de altitude associados, brejos interioranos e encaves florestais da Região Nordeste (PRHBP, 2011).

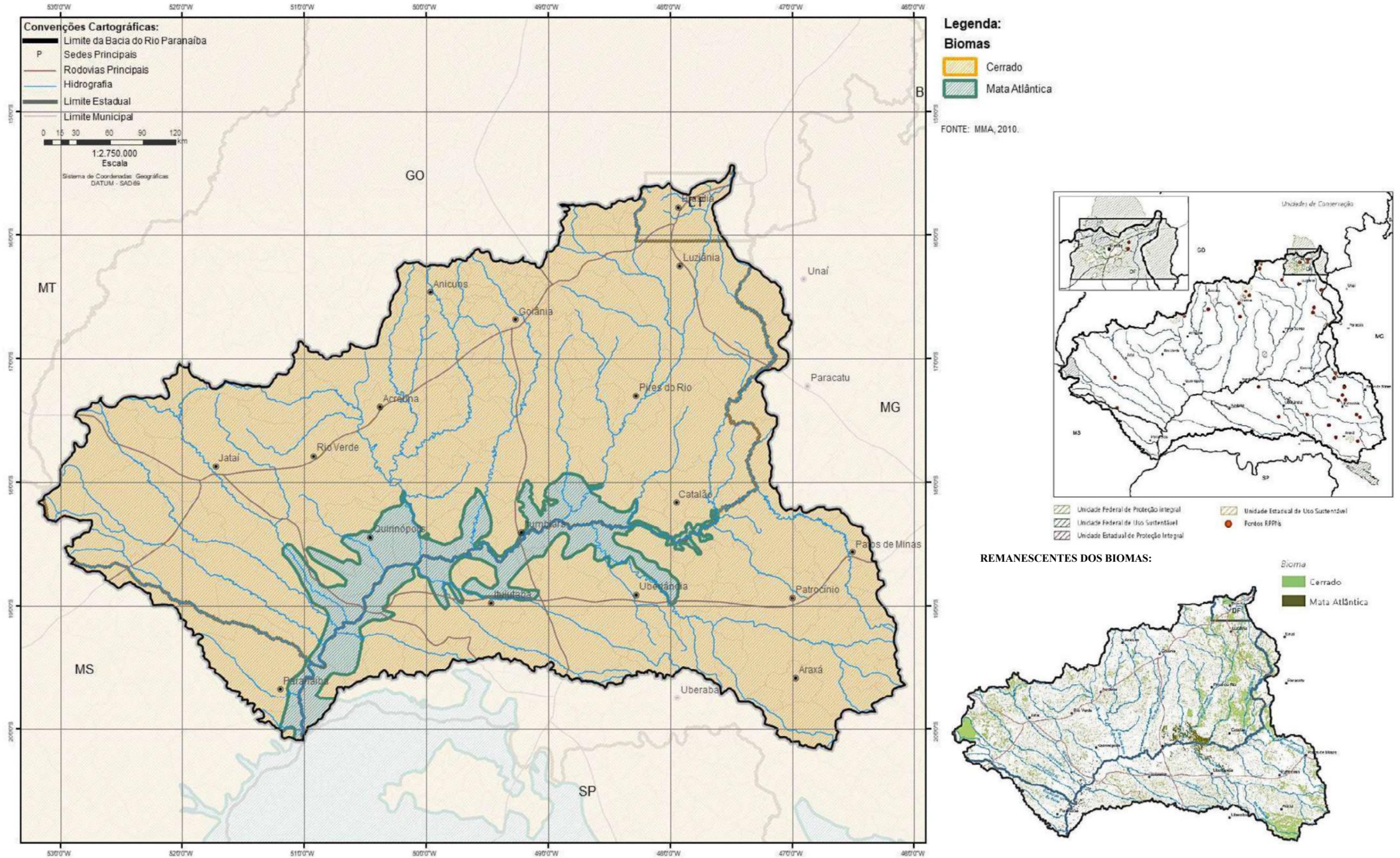
A vegetação do bioma Mata Atlântica, também é marcada por uma característica fisionômica em ser alta e densa, já os níveis vegetacionais inferiores compreendem um ambiente sombrio e úmido, e são totalmente dependentes do estrato superior, (Flauzino *et al.*, 2010). Não se deve descartar que por abrigar os grandes centros urbanos, o bioma sofra então uma perda de 7%, algo em torno de 300 mil km<sup>2</sup>, que vem potencializando impactos nos recursos hídricos existentes.

Na atual conjuntura de preocupação ambiental, a perda da vegetação natural dos biomas compreende um dos elementos que pode vir a potencializar uma crise hídrica nas regiões brasileiras (PRHBP, 2011).

Atualmente, a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba possui aproximadamente 19 unidades de conservação de proteção integral, sendo 26 unidades de conservação de uso sustentável, e 43 reservas particulares do patrimônio natural (RPPNs), onde grande parte estão concentradas na porção oeste da bacia, ou seja, os processos de uso e ocupação da bacia na ótica ambiental foram altamente negativos, pois, infelizmente, encontramos apenas resquícios distribuídos por toda a bacia, praticamente os dois biomas foram exterminados.

A figura 28, busca demonstrar a espacialização dos biomas Cerrado e Mata Atlântica dentro da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Figura 28 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Biomas Cerrado e Mata Atlântica (2010).



Fonte: MMA (2010). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

#### 4.12 Hidrografia e Gestão de Recursos Hídricos

Antes de apresentar a divisão hidrológica da bacia do Rio Paranaíba, é importante destacar que, conforme expressa a divisão nacional proposta pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, nos autos da resolução número 32, aprovada no dia 15 de outubro de 2003, todo o território brasileiro foi subdividido em 12 regiões hidrográficas que são: a Bacia Hidrográfica Amazônica, Bacia Hidrográfica do São Francisco, Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, Bacia Hidrográfica do Paraná, Bacia Hidrográfica do Parnaíba, Bacia Hidrográfica do Uruguai, Bacia Hidrográfica do Paraguai, Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, Bacia Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, Bacia Hidrográfica Atlântico Leste, Bacia Hidrográfica Atlântico Sudeste e Bacia Hidrográfica Atlântico Sul (PRHBP, 2011).

Segundo o PRHBP (2011), a região hidrográfica do Paraná se subdivide em seis unidades hidrográficas, sendo elas as unidades do Paraná, Paranaíba, Grande, Tietê, Paranapanema e Iguaçu, conforme disposto na figura 29. Vale lembrar que a unidade do Rio Paranaíba é composta por quatro rios, que possuem abrangência federal, sendo eles o Rio Paranaíba, o rio São Marcos, o rio Corumbá e o rio Aporé.

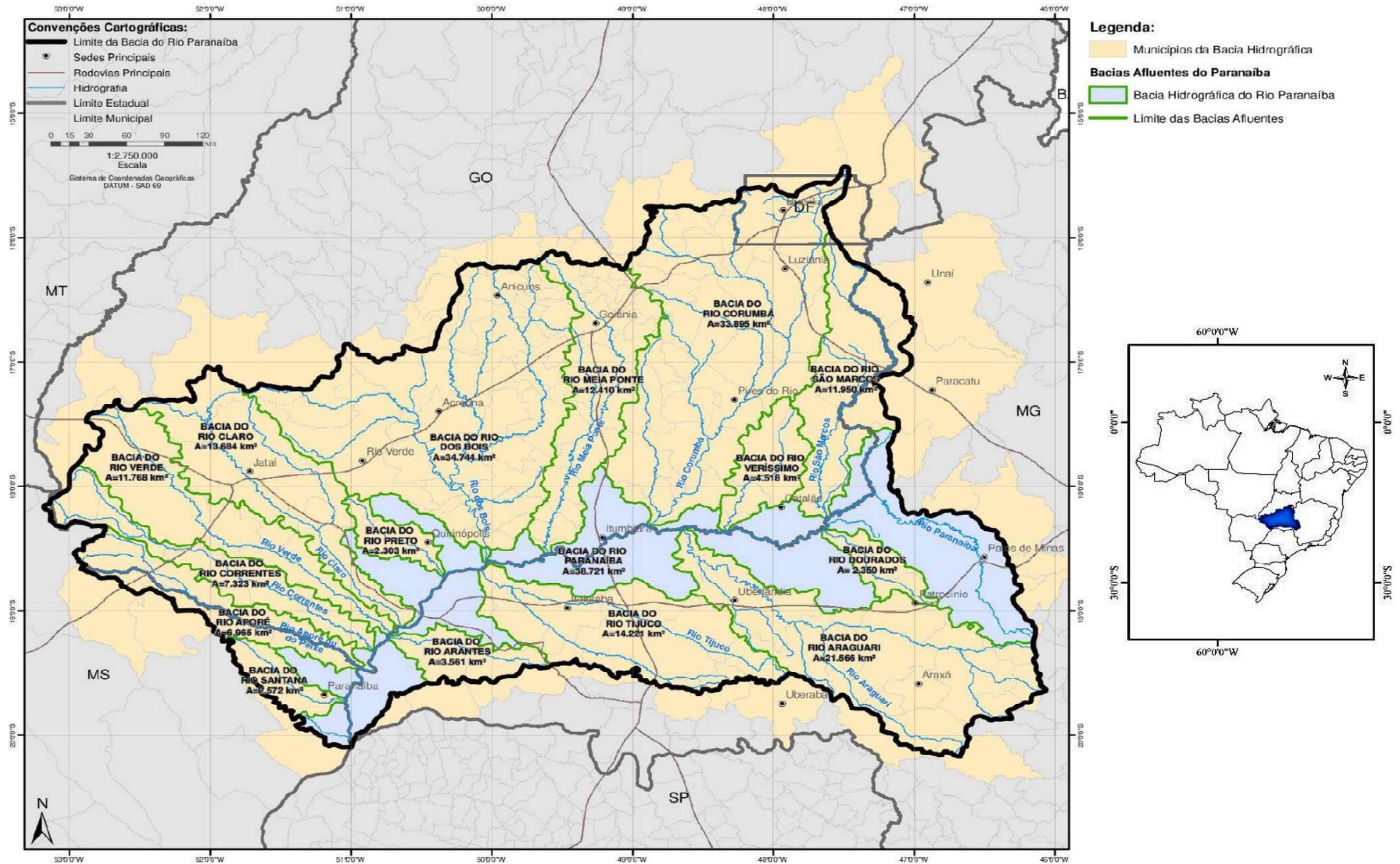
A tabela 20 apresenta as subdivisões existentes na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, veja abaixo:

**Tabela 20** - Subdivisão das Unidades na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

<b>ESTADO</b>	<b>SUBDIVISÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA</b>	
<b>DISTRITO FEDERAL</b>	Bacia do Rio São Marcos Bacia do Rio São Bartolomeu Bacia do Rio Paranoá Bacia do Rio Corumbá Bacia do Rio Descoberto	
<b>GOIÁS</b>	Bacia do Rio São Marcos Bacia do Rio Veríssimo Bacia do Rio Corumbá Bacia do Rio Meia Ponte Bacia do Rio dos Bois Bacia do Rio Preto	Bacia do Rio Alegre Bacia do Rio Claro Bacia do Rio Verde Bacia do Rio Corrente Bacia do Rio Aporé
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>	Bacia do Rio Aporé Bacia do Rio Santana	
<b>MINAS GERAIS</b>	Bacia dos Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba Bacia do Rio Araguari Bacia dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba	

**Fonte:** PRHBP (2011). **Org.** Silva. G. C (2017).

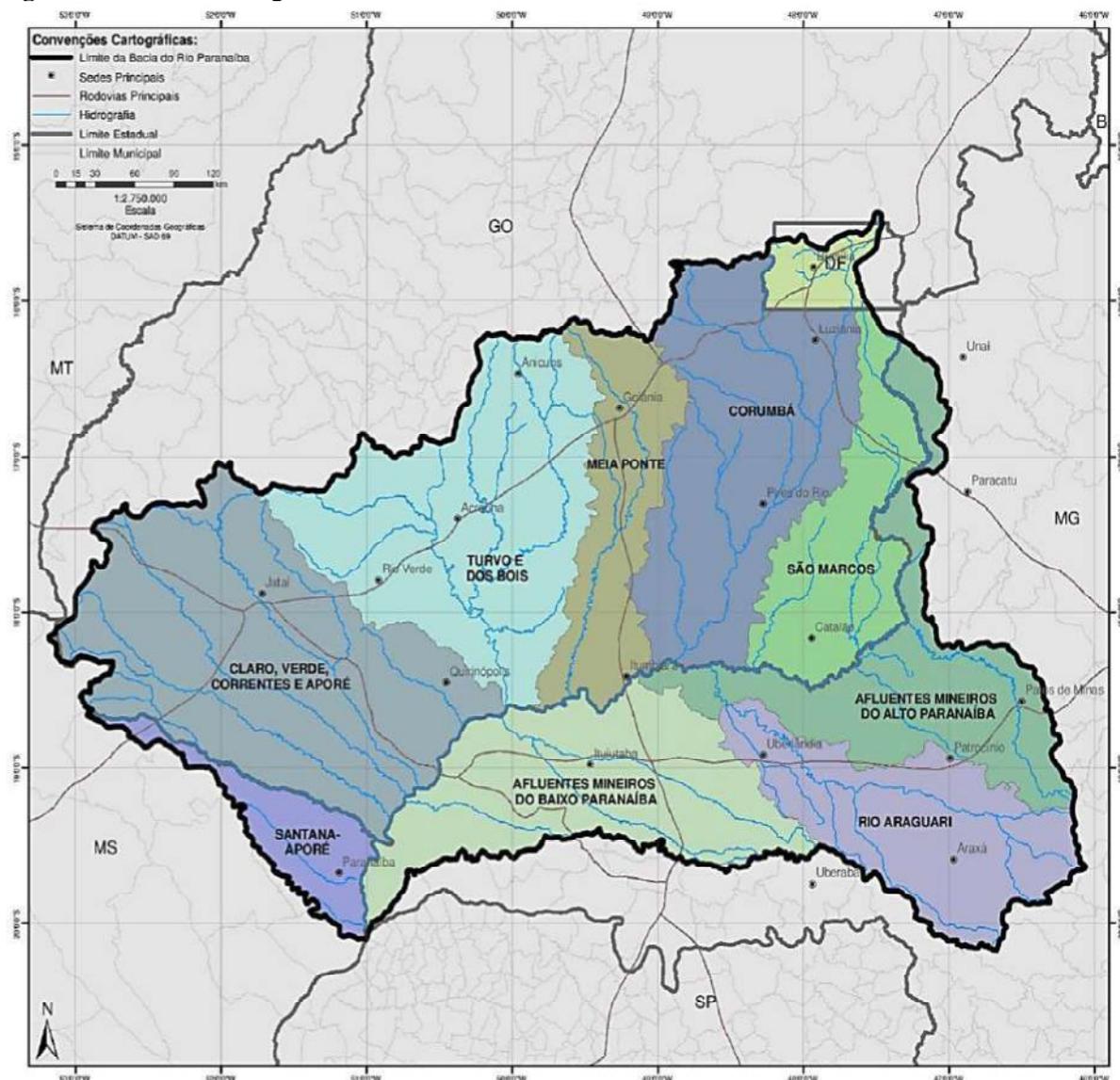
Figura 29 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Divisão dos Afluentes.



Fonte: ANA (2010). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva, G. C (2017).

Outra organização importante existente dentro da bacia do Rio Paranaíba, foi a criação das Unidades de Gestão Hídricas, fracionando a bacia através das divisões hidrográficas estaduais o que de acordo com PRHBP (2011). Correspondem então as unidades geridas sob responsabilidade estadual e com a finalidade de gerir todos os recursos hídricos pertencentes ao seu espaço territorial. Sendo assim, na bacia hidrográfica existem divisões pelos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e pelo Distrito Federal. A figura 30 expõe a divisão adotada para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, onde:

**Figura 30 -** Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Divisão das Unidades de Gestão Hídricas.



**Fonte:** ANA (2010). **Baseado em:** PRHBP (2011). **Org.** Silva. G. C (2017).

Ainda de acordo com o PRHBP (2011), a tabela 21 detalha as Unidades de Gestão Hídricas de acordo com cada região, sendo:

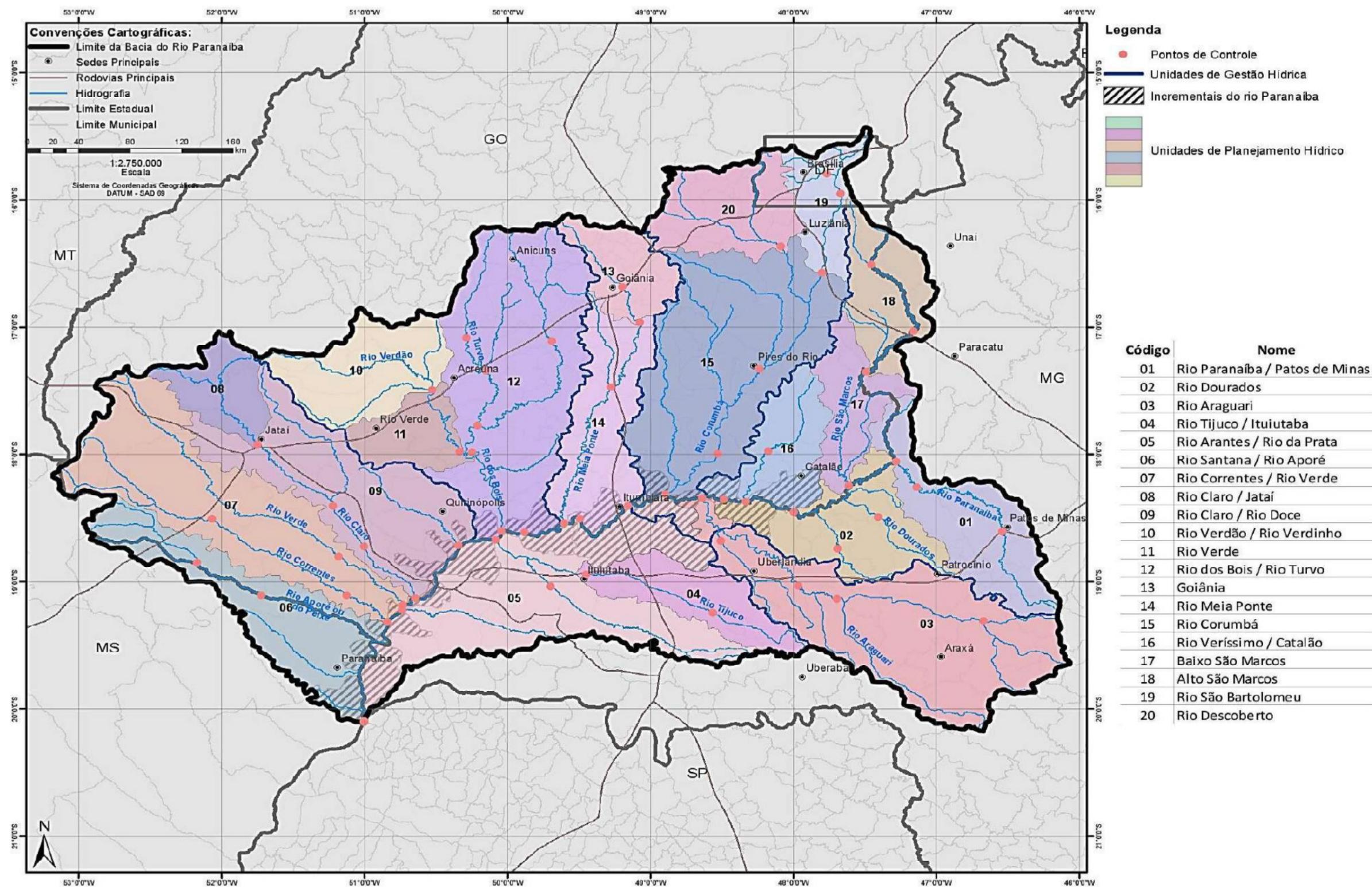
**Tabela 21** - Características das Unidades de Gestão Hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

UF	UNIDADES DE GESTÃO HÍDRICAS
<b>MINAS GERAIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba: composta pelas nascentes do Rio Paranaíba (Rio Dourados);</li> <li>○ Bacia Hidrográfica do Rio Araguari: composta pelos Rios Araguari, Quebra- Anzol, Capivara e Uberabinha; e,</li> <li>○ Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba: composta pelos Rios Tijuco, Prata e São Domingos.</li> </ul>
<b>GOIÁS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ São Marcos, composta pelas sub-bacias goianas afluentes do Rio São Marcos e pelas sub-bacias do Rio Veríssimo e Ribeirão Ouvidor;</li> <li>○ Corumbá: composta pela bacia hidrográfica do Rio Corumbá;</li> <li>○ Meia Ponte: composta pela bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte e sub-bacias hidrográficas dos Ribeirões Santa Maria e da Campanha;</li> <li>○ Turvo e dos Bois: composta pela bacia hidrográfica dos Rios Turvo e dos Bois;</li> <li>○ Claro, Verde, Correntes e Aporé: composta pelas bacias dos Rios, Preto, Claro, Verde e Correntes, sub-bacias goianas afluentes do Rio Aporé e dos Rios São Francisco e Alegre e do Ribeirão da Madeira.</li> </ul>
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Santana-Aporé: composta pelas sub-bacias sul-mato-grossenses, afluentes do Rio Aporé e as sub-bacias dos Rios do Barreiro, Santana e Formoso.</li> </ul>
<b>DISTRITO FEDERAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bartolomeu, Corumbá, Descoberto, Paranoá e São Marcos: composta pelas sub-bacias do Lago Paranoá, do Rio Descoberto, do Rio Corumbá, do Rio São Bartolomeu e do Rio São Marcos.</li> </ul>

**Fonte:** ANA (2010). **Baseado em:** PRHBP (2011). **Org.** Silva. G. C (2017).

Buscando uma melhor organização de gestão dos recursos hídricos, foram criadas as Unidades de Planeamentos Hídricos, estas são caracterizadas por serem subdivisões da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba que foram individualizadas, conforme a homogeneidade existente entre os fatores hidrológicos e hidrográficos (PRHBP, 2011). Para tanto, determinase que os critérios específicos que determinaram as Unidades de Planeamentos Hídricos dessa bacia hidrográfica, foram baseados nos limites das principais sub-bacias e nos principais polos regionais, chegando a um total de 20 unidades de planeamentos hídricos apresentadas na figura 31 a seguir:

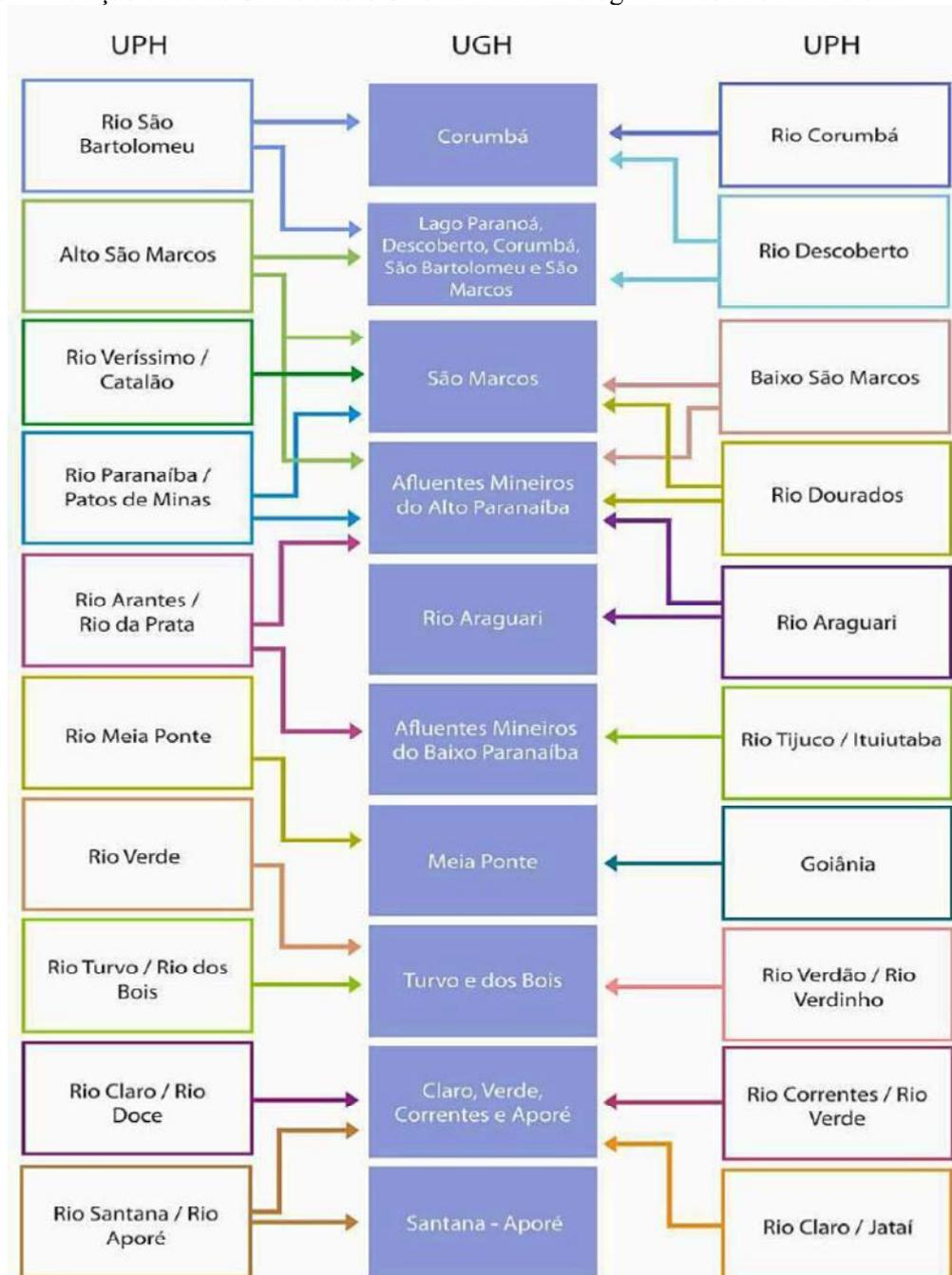
Figura 31 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Organização das Unidades de Planejamento Hídricos.



Fonte: ANA (2010). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

Ao destacar a figura 32, o PRHBP (2011), indica a forma adotada para que ocorra o diálogo entre as Unidades de Gestão Hídricas. As Unidades de Planejamento Hídricas. Ressaltando que as Unidades de Planejamento Hídricas que estão situadas nas áreas de divisas entre os estados, deverão estar inseridas em mais de uma Unidades de Gestão Hídricas, ou seja, enquanto as Unidade de Gestão Hídricas estiverem limitadas pela divisão estadual, as Unidades de Planejamento Hídricas terão os fatores limitantes nas características hidrológicas e hidrográficas.

**Figura 32** - Relação entre as UPHs e as UGHs da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



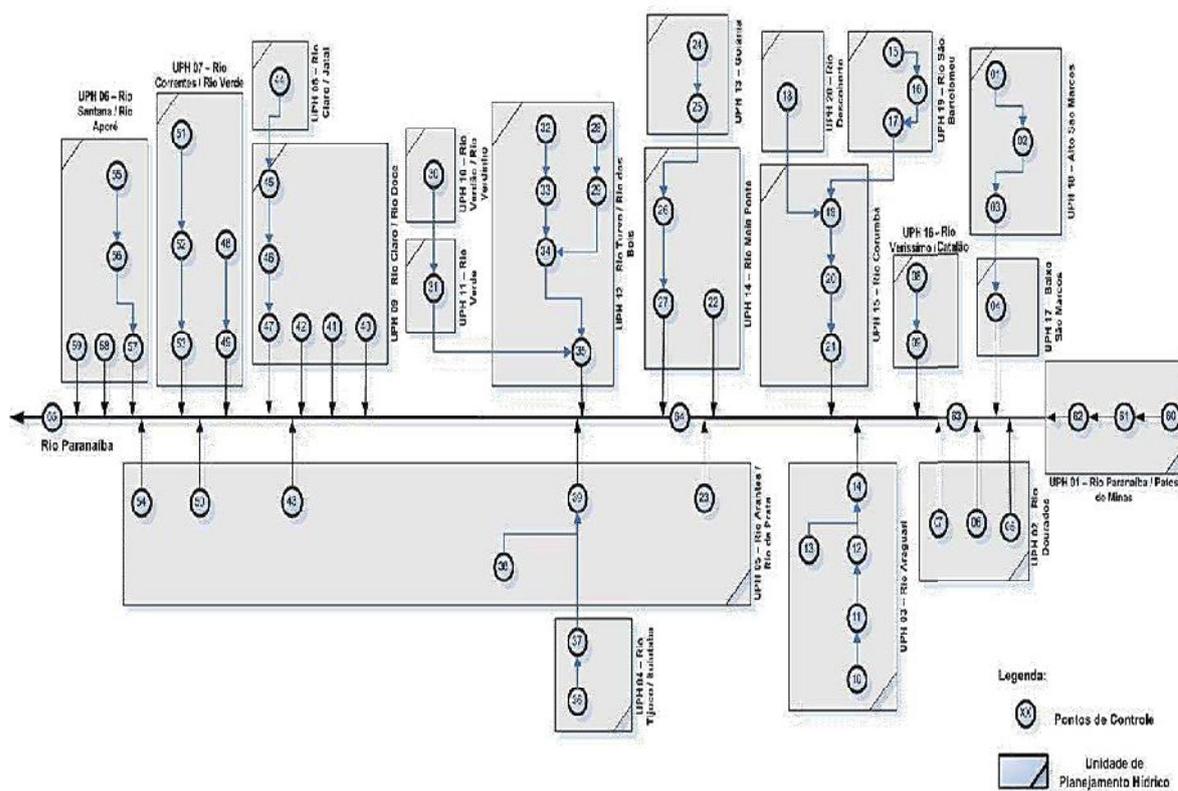
Fonte: ANA (2010). Baseado em: PRHBP (2011). Org. Silva. G. C (2017).

De acordo com o PRHBP (2011), a última divisão existente na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, buscou definir alguns pontos de controle com o intuito de demarcar áreas fixas para que seja possível a coleta dos dados qualitativos e quantitativos pluviométricos e fluviométricos de forma que possibilitem diagnósticos tanto pontuais ou totais sobre a bacia, ou seja, os pontos de controle seguem os principais objetivos traçados sendo estes:

- I. Agregação dos valores das disponibilidades hídricas da bacia;
- II. Agregação dos valores de demandas hídricas;
- III. Cálculo do balanço hídrico.

A figura 24 apresenta a distribuição dos Pontos de Controle dentro da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Até a presente data, o número de pontos de controle definidos foram de 65.

**Figura 33** - Relação dos Pontos de Controle na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



**Fonte:** ANA (2010). **Baseado em:** PRHBP (2011). **Org.** Silva. G. C (2017).

Para tanto, somente a caracterização e distribuição dos recursos hídricos não são suficientes, se não houver uma melhor cooperação entre todas as partes envolvidas na dinâmica da bacia, bem como a necessidade emergente de políticas eficientes que sejam diretamente voltadas para seu tamanho, bem como as técnicas que nela se aplicam (PRHBP, 2011).

## 5 RESULTADOS

A apresentação dos resultados indica primeiramente evolução temporo-espacial, que ocorreu no período de (1975-2013) apontando o uso e ocupação e os seus reflexos nos regimes de vazões máximas, médias e mínimas que aconteceram no contexto hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, o que de acordo com a proposta de Ferreira (2007) vem a ser importante, pois destaca os avanços existentes nos processos de ocupação humana, onde:

[...]. As formas de apropriação antrópica dos recursos sempre foram influenciadas pelas características das paisagens, ou seja, as estruturas socioeconômicas atuais resultaram das formas específicas de como a ocupação humana se organizou para explorar economicamente o território, porém sempre diante dos condicionamentos naturais existentes.

E mesmo assim, ainda de acordo com o mesmo autor *op cit.* há uma dificuldade cada vez maior em se perceber tais transformações, pois o processo vem adquirindo um caráter constante e ininterrupto. Bem diferente das formas que eram produzidas no passado e, para tanto, perceber as transformações existentes sobre os espaços geográficos ao ponto de destacar os impactos existentes. Enfocando a própria manutenção dos recursos naturais e através delas buscar um repensar sobre as formas de uso e ocupação dos solos frente as ações humanas e, assim, poderá surgir novas propostas capazes de mitigar os impactos existentes e garantir a manutenção da própria existência humana.

Neste contexto, buscar-se-á apresentar os resultados obtidos durante a pesquisa desta dissertação de mestrado seguindo as seguintes ordens:

- Mapeamento Temporo-Espacial do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba nos períodos de (1985 a 2013);
- Quantificação dos Índices Pluviométricos nos períodos de (1975 a 2013);
- Análise das Tendências de Vazão (Máxima / Média / Mínima) nos períodos de (1975 a 2013);
- Possíveis correlações encontradas.

### 5.1 Uso e Ocupação dos solos na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uma análise Temporo-Espacial (1985 – 2013)

A região onde se localiza a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba é caracterizada por

variabilidade de mudanças, principalmente com relação as formas de apropriação e manejo aplicado nos solos. As diversas alterações sofridas permitem constatar uma alteração constante das paisagens em detrimento dos recursos naturais, afetando principalmente as paisagens naturais, estas então são substituídas então por vastas áreas agricultáveis, ou são transformadas em perímetros urbanos.

Deve-se manter atento quanto a espacialização das áreas agricultáveis, pois as mesmas estão diretamente sujeitas as implicações impostas pelo mercado econômico e, portanto, almejam não só suprir o comércio nacional mais vislumbra atingir amplamente o comércio internacional. Adquire-se então uma dinâmica atual que torna extremamente pertinente observar o parcelamento das classes de uso e ocupação dos solos a nível regional, bem como, suas possíveis alterações de ordem temporo-espacial, ou seja, permite-se até mesmo tentar de alguma forma aferir o número máximo de interações possíveis, sendo elas de ordem natural ou não (RIGON, 2005).

Deve-se procurar ferramentas que permitam uma possível representação e quantificação significativa que venha a permitir a compreensão das dinâmicas de apropriação quanto ao uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. E, sendo assim, neste contexto avaliativo surgem os mapas cartográficos, ferramentas estas que foram produzidas buscando expressar a evolução das classes de uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, para os períodos de 1985, 2003 e 2013. Tais representatividades gráficas possibilitaram a elaboração da tabela 22 que permitiu contemplar as principais categorias adotadas junto às classes de usos e ocupação dos solos, bem como, a quantificação das mesmas.

**Tabela 22** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Quantificação das classes pré-definidas nos mapeamentos nos períodos de 1985, 2003 e 2013.

<b>CLASSES</b>	<b>Mapa 1985 (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Mapa 2003 (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Mapa 2013 (Km<sup>2</sup>)</b>
Corpos D'água	2.195,81	2.350,41	3.516,54
Influência Urbana	1.789,46	2.699,62	2.471,53
Influência Mineral	15,98	13,49	57,56
Silvicultura	2.947,07	1.444,25	2.814,77
Pastagem	102.620,72	106.988,05	91.139,78
Vegetação Natural	73.945,55	58.603,12	63.781,55
Agriculturas	37.846,23	49.261,82	57.579,18
Outros			1.363,61
<b>TOTAL</b>	<b>221.360,82</b>	<b>221.360,76</b>	<b>221.360,91</b>

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

## **5.2 Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Mapeamento Uso e Ocupação dos Solos de 1985**

O intuito de mapear a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1985, foi o de se ter uma prévia quanto ao marco inicial adotado, relacionado assim a dinâmica de expansão quanto ao uso e ocupação dos solos e, portanto, contemplando a primeira década de expansão humana intensificada graças a projetos políticos governamentais. Outro fator determinante para o mapeamento, estava relacionado com a pouca alteração referente à classe de uso e ocupação dos solos, categorizada como vegetação natural e que faz referência a dois biomas, sendo eles o bioma de Mata Atlântica e o principal bioma que dominava grande parte da bacia do Rio Paranaíba, o bioma Cerrado.

Sendo assim, mediante o mapeamento efetuado através das imagens obtidas pelo satélite Landsat5/8 TM e ETM+, conforme apresentado na tabela 23, pode-se contemplar que dentre às classes de uso e ocupação dos solos categorizadas para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, a classe que veio a se destacar foi relacionada as pastagens que ocupavam grande parte da região ficando então com 102.620,72 km<sup>2</sup>, o que representou uma taxa de ocupação de 46,36%. Todavia, constata-se a disputa que há por espaço das pastagens cultivadas contra as pastagens naturais.

A segunda classe de uso e ocupação dos solos, que também mereceu destaque foi a classe categorizada como vegetação natural, que faz referência aos biomas Cerrado e Mata Atlântica e, para o mapeamento constatou que ocupavam uma área total de 73.945,55 Km<sup>2</sup>. Um fator interessante a ser mencionado, é que as duas classes de uso e ocupação dos solos, pastagem e vegetação natural, no ano de 1985, representavam significativamente 79,76% em relação a taxa de ocupação, ou seja, juntas totalizavam uma área de 176.566,27 Km<sup>2</sup>.

A agricultura, enquanto classe de uso e ocupação dos solos que para o mapeamento de 1985 demonstrava expressividade com relação ao avanço territorial ocupando aproximadamente 37.846,23 Km<sup>2</sup>, com uma taxa de ocupação de 17,10%. Isto é, sabe-se que os avanços da agricultura foram responsáveis pela dinâmica de expansão de algumas classes, e em contrapartida, também foi responsável pelo detrimento de outras classes de uso e ocupação dos solos dentro do contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, o que somente foi possível através da modernização da agricultura, principalmente devido a uma característica marcante do bioma Cerrado, que está vinculada a baixa fertilidade dos solos.

Conforme consta na tabela 23, é perceptível que a classe que represente a silvicultura e apresentou uma área ocupada de 2.947,07 Km<sup>2</sup>, apontando uma taxa de ocupação de 1,33%, e acompanhada pela classe que contempla a área de influência humana, com representatividade territorial de 1.789,46 Km<sup>2</sup>, indicando uma taxa de ocupação referente a 0,81%. A classe menos expressiva para o mapeamento de 1985, ficou indicada na influência mineral, ocupando uma área de apenas 15,98 Km<sup>2</sup> e representando 0,01% quanto ao uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

**Tabela 23** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Área (Km<sup>2</sup>) no Mapeamento (1985).

CLASSES	MAPEAMENTO 1985	
	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Taxa de Ocupação (%)
Corpos D'água	2.195,81	0,99%
Influência Urbana	1.789,46	0,81%
Influência Mineral	15,98	0,01%
Silvicultura	2.947,07	1,33%
Pastagem	102.620,72	46,36%
Vegetação Natural	73.945,55	33,40%
Agricultura	37.846,23	17,10%
<b>TOTAL</b>	<b>221.360,82</b>	<b>100%</b>

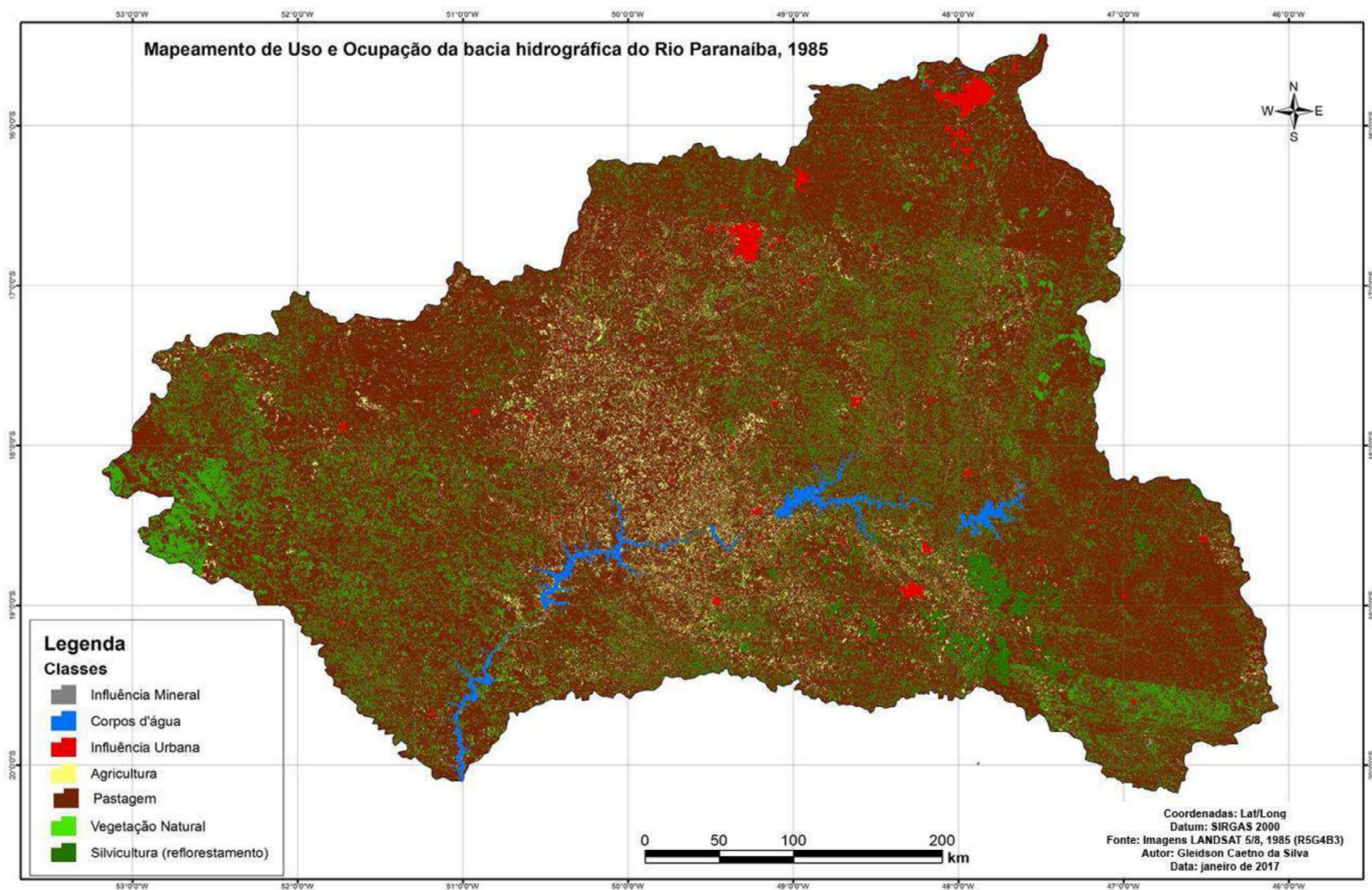
**Fonte:** Silva. G. C (2017).

A análise pertinente a ocupação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, a classe de uso e ocupação categorizada como corpos d'água, e que faz referência aos recursos hídricos disponíveis na camada superficial e constatou que os recursos hídricos ocupam uma área de 2.195,81 Km<sup>2</sup>, representando uma taxa de ocupação de 0,99%, ou seja, corresponde a menos de 1% da área da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Para uma bacia hidrográfica com uma área de 221.360,82 Km<sup>2</sup>, deve-se repensar quanto a utilização e gestão racional dos recursos hídricos, pois tem-se aí um fator primordial que merece extrema cautela, até onde tem se constatado que as demais classes de uso e ocupação dos solos necessitam direta ou diretamente para a sua existência dos recursos hídricos.

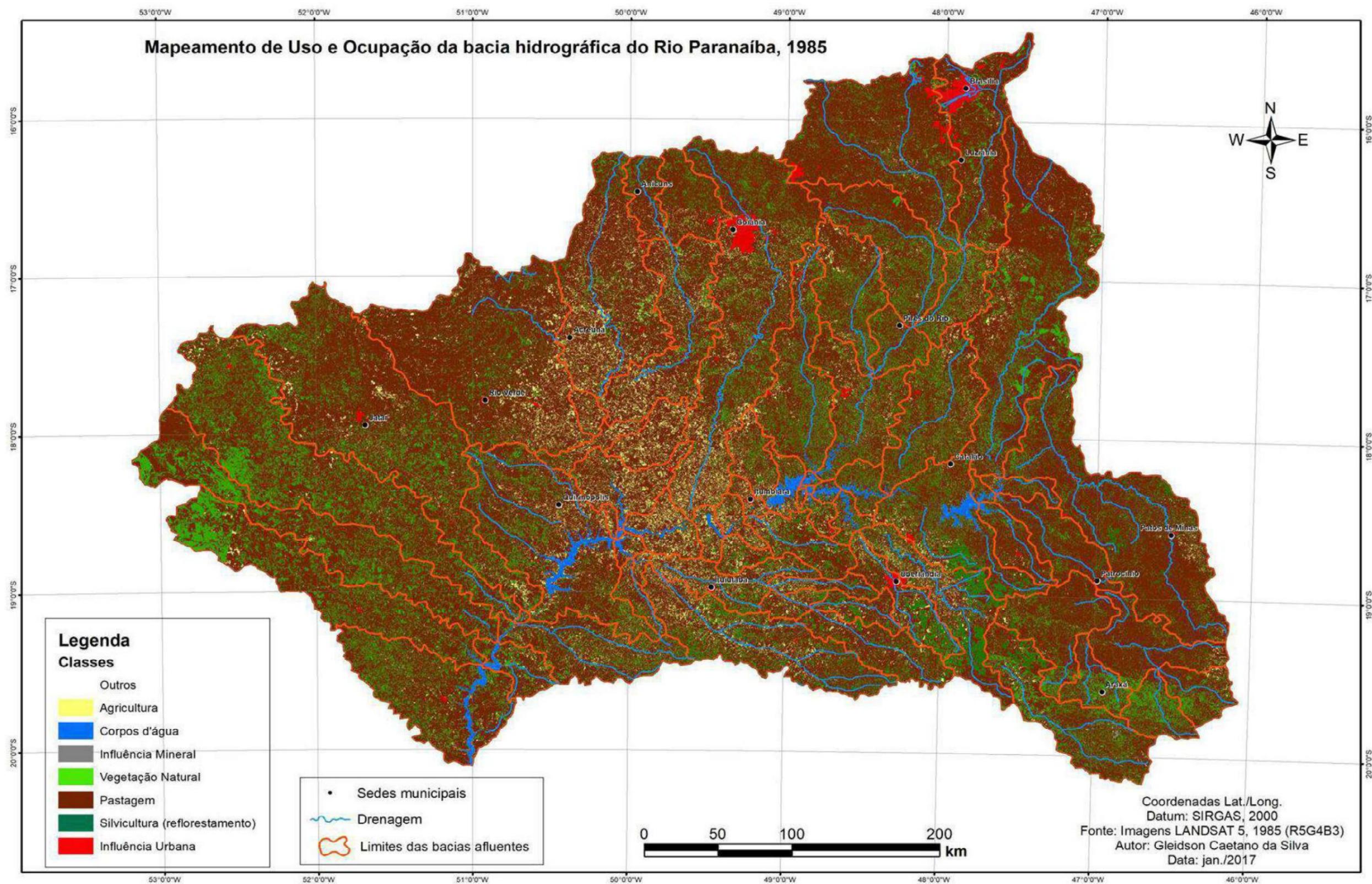
Para tanto, como ferramenta auxiliar que possa vir a auxiliar de alguma forma na gestão e que tem a função de demonstrar a espacialização das classes de uso e ocupação dos solos no ano de 1985, foi elaborado o mapa de uso e ocupação dos solos contemplado na figura 34, que o apresenta de forma geral e na figura 35, o representa indicando os limites das bacias afluentes, e é representado por:

Figura 34 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos em 1985.



Fonte: Landsat 5 (1985) Org. Silva, G. C (2017).:

Figura 35 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos, com os limites das bacias afluentes em 1985.



Fonte: Landsat 5 (1985) Org. Silva. G. C (2017).

### 5.3 Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Mapeamento Uso e Ocupação dos Solos de 2003

Com relação ao mapeamento das classes de uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, referente ao ano de 2003. Elaborado através do auxílio do projeto PROBIO e, para tanto, utilizou-se de imagens dos satélites *Landsat 5* e 8 TM e ETM+, mantendo a escala cartográfica 1:250.000. Para este mapeamento de 2003, optou-se em trabalhar com relação à área utilizando-se quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) conforme representados na tabela 24, conjuntamente com os índices percentuais (%), índices estes que indicam a taxa de ocupação, conforme foram apontados no gráfico 3.

Embora, trata-se de um período avançado se comparado a dinâmica de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, percebe-se que as pastagens ainda continuam ocupando grande espaço territorial da bacia hidrográfica com uma área de 106.988,05 km<sup>2</sup>, o que vem a representar uma taxa de ocupação correspondente a 48,33%.

Neste mapeamento proposto para 2003, os biomas categorizados na classe vegetação natural contemplam uma área significativa de 58.603,12 Km<sup>2</sup>, com um índice percentual referente a taxa de ocupação de 26,47%, ou seja, praticamente um quarto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba ainda mantém as suas características naturais, embora destaca-se que com relação as diversas mudanças na cobertura e uso dos solos, tem-se diminuído suas qualidades ambientais, ao ponto da classe vegetação natural, principalmente o bioma Cerrado vir a ser classificado como um dos 25 *hotspots* mundiais. De acordo com Myers *et al.* (2000) as características pertinentes a uma área de alto endemismo de biodiversidade e de estágio avançado de degradação ambiental.

Outro fator, que se deve ter consciência é que dentro do contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, antes que houve a modernização do setor agropecuário, não existia conflito algum entre as classes de uso e ocupação, visto que a agricultura se limitava aos vales enquanto as pastagens cresciam somente em locais planos. Conforme pode-se perceber a agricultura representava apenas 49.261,82 Km<sup>2</sup>, indicando uma taxa de ocupação de 22,25%.

A classe de uso e ocupação dos solos categorizada como influência urbana, teve um pequeno acréscimo representando 2.699,62 Km<sup>2</sup> com uma taxa de ocupação referente a 1,22%, ou seja, as dinâmicas de expansão começam a apresentar reflexos quanto ao crescimento dos centros urbanos. Dentro do contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, as classes de uso e ocupação que se limitaram a áreas restritas foram a silvicultura ocupando 1.444,25 Km<sup>2</sup> e representando somente 0,65%, ou seja, a silvicultura até o presente momento se limitava a áreas

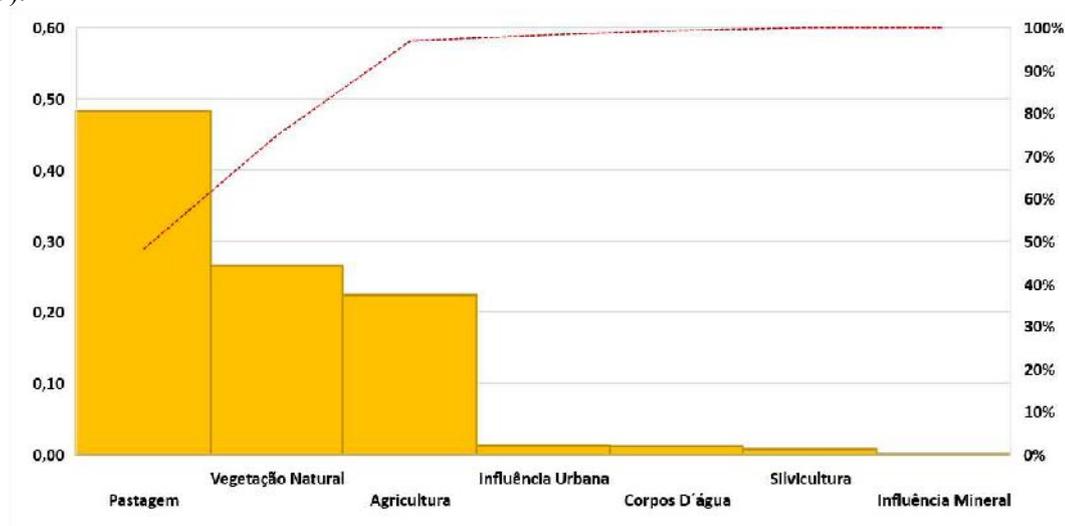
menos íngremes ou aos topos do relevo. Outra classe de uso e ocupação dos solos que se limitava as condições naturais embora ocupe pouco espaço territorial trata-se da classe categorizada como influência mineral com apenas 13,49 Km<sup>2</sup> representando somente 0,01%, ressalta-se que o fator determinante da classe influência mineral é a ocorrência mineralógica e a exploração do produto mineral, o que vem a ser bem restrito a determinadas regiões da bacia hidrográfica como é o caso do complexo de Araxá e Patrocínio em Minas Gerais. Neste novo mapeamento de 2003 a categoria referente a classe corpos d'água apresentou um singelo crescimento dos recursos hídricos que passaram a ocupar 2.350,41 Km<sup>2</sup> o que para a bacia hidrográfica contempla uma taxa de ocupação referente ao índice percentual de 1,22%. Acredita-se que o ganho acerca de área poderia estar vinculado as represas foram implantadas na bacia.

**Tabela 24** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Área (Km<sup>2</sup>) no Mapeamento (2003).

CLASSES	MAPEAMENTO 1985	
	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Taxa de Ocupação (%)
Corpos D'água	2.350,41	1,1%
Influência Urbana	2.699,62	1,2%
Influência Mineral	13,49	0,0%
Silvicultura	1.444,25	0,7%
Pastagem	106.988,05	48,3%
Vegetação Natural	58.603,12	26,5%
Agricultura	49.261,82	22,3%
<b>TOTAL</b>	<b>221.360,76</b>	<b>100%</b>

Fonte: Silva. G. C (2017).

**Gráfico 3** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Índices Percentuais (%) de Ocupação - Mapeamento (1985).



Fonte: Silva. G. C (2017).

#### **5.4 Análise comparativa de Perda e Ganho de áreas com relação aos Mapeamentos de 1985 e 2003.**

Conforme foi representado na tabela 25 e observado no gráfico 4, constata-se que merece destaque o crescimento das áreas destinadas a agricultura chegando a evolução territorial de 11.415,59 Km<sup>2</sup> (5,157%). Pode-se afirmar que tal crescimento teve um ponto crucial, pautado na modernização da agricultura, permitindo assim, melhorar a fertilidade dos solos, mecanizar o processo produtivo, além de diminuir as distâncias com relação a logística dos transportes, o que possibilita afirmar que foram as mudanças básicas dessa classe de uso e ocupação. É perceptível também, a disputa existente por espaços dentro da agricultura, isto é, alguns cultivos destacaram e auxiliaram o avanço da fronteira agrícola, como foi o exemplo da cafeicultura e da inserção da cana-de-açúcar. Há de se verificar também o crescimento da categoria destinada a classe das pastagens, pois apresentou um aumento significativo de 4.367,33 Km<sup>2</sup>, apontando uma taxa de ocupação de 1,973%, sendo assim, é correto afirmar que, todavia, houve a disputa territorial entre as pastagens cultivadas contra as pastagens naturais.

Assim, as alterações significativas ocorridas entre as classes de uso e ocupação dos solos, foram oriundas das ações políticas e então direcionadas visando o avanço da fronteira agrícola. Justificando, tais afirmações pois percebe-se o crescimento da agricultura e das pastagens, vindo então a sobrepor a classe de uso e ocupação referente a vegetação natural, para tanto, tal sobreposição representa um decréscimo territorial de 15.342,43 Km<sup>2</sup>, e vindo a contemplar uma perda percentual de 6,931%.

Com relação a classe de uso e ocupação dos solos referente a silvicultura, esta indicou um decréscimo territorial de 1.502,82 Km<sup>2</sup>, ou seja, uma perda percentual de 0,679%. Tal perda, facilmente justifica-se pela alta rotatividade das áreas florestadas e reflorestadas, para tanto, o reflorestamento e florestamento, tendem a provocar mudanças bruscas nos solos e, como medida mitigadora costuma-se destinar grandes áreas antes reflorestadas e/ou florestadas para a prática agrícola ou para a pastagem. Consta-se que tais medidas visam então recuperar o potencial nutricional do solo para que futuramente possa ser implantado um novo reflorestamento.

A classe de uso e ocupação dos solos categorizadas como influência mineral apresentou um decréscimo de 2,49 Km<sup>2</sup>, sendo então uma classe com pouca representatividade territorial dentro do contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, pois restringe-se somente ao potencial mineralógico de cada região e, sendo assim, limita-se quanto a exploração e expansão territorial vindo a seguir sempre as variações impostas pelo mercado nacional e

internacional. As classes de influência urbana apresentaram também um incremento de 910,16 Km<sup>2</sup> representando 0,411%, entre 1985 e 2003, fator este condicionado ao crescimento dos centros urbanos, urbanização dos espaços rurais e graças ao surgimento e avanço das indústrias.

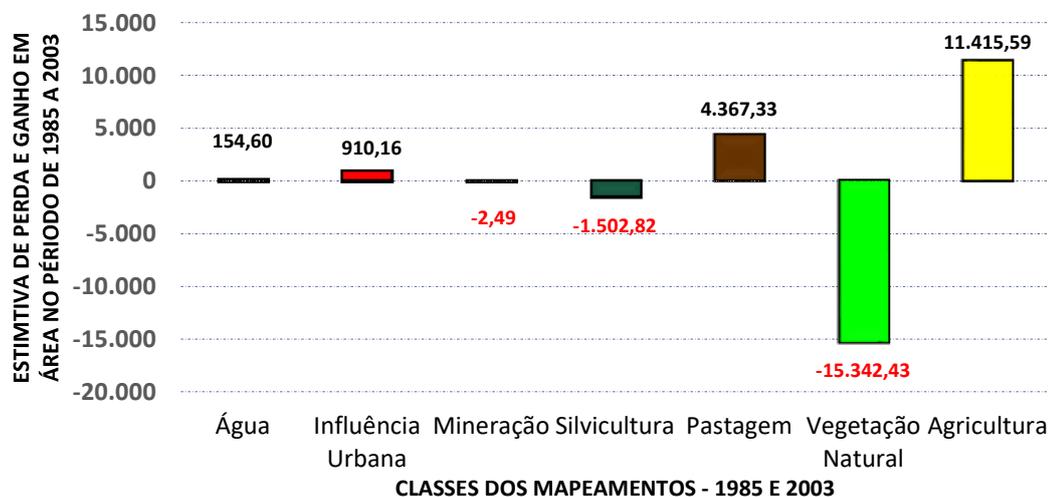
**Tabela 25** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise comparativa entre os Mapeamentos de 1985 e 2003.

CLASSES	MAPEAMENTO 1985	MAPEAMENTO 2003	ÍNDICE (%) PERCENTUAL (Perda/Ganho)	Total da Área Km <sup>2</sup>
Corpos D'água	2.195,81	2.350,41	<b>0,070%</b>	<b>154,60</b>
Influência Urbana	1.789,46	2.471,53	<b>0,411%</b>	<b>910,16</b>
Influência Mineral	15,98	13,49	<b>-0,001%</b>	<b>-2,49</b>
Silvicultura	2.947,07	1.444,25	<b>-0,679%</b>	<b>-1.502,82</b>
Pastagem	102.620,72	106.988,05	<b>1,973%</b>	<b>4.367,33</b>
Vegetação Natural	73.945,55	58.603,12	<b>-6,931%</b>	<b>-15.342,43</b>
Agricultura	37.846,23	49.261,82	<b>5,157%</b>	<b>11.415,59</b>
<b>TOTAL</b>	<b>221.360,82</b>	<b>221.360,76</b>		

**Observação:** Os valores em vermelho indicam perda percentual e em Km<sup>2</sup>.

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

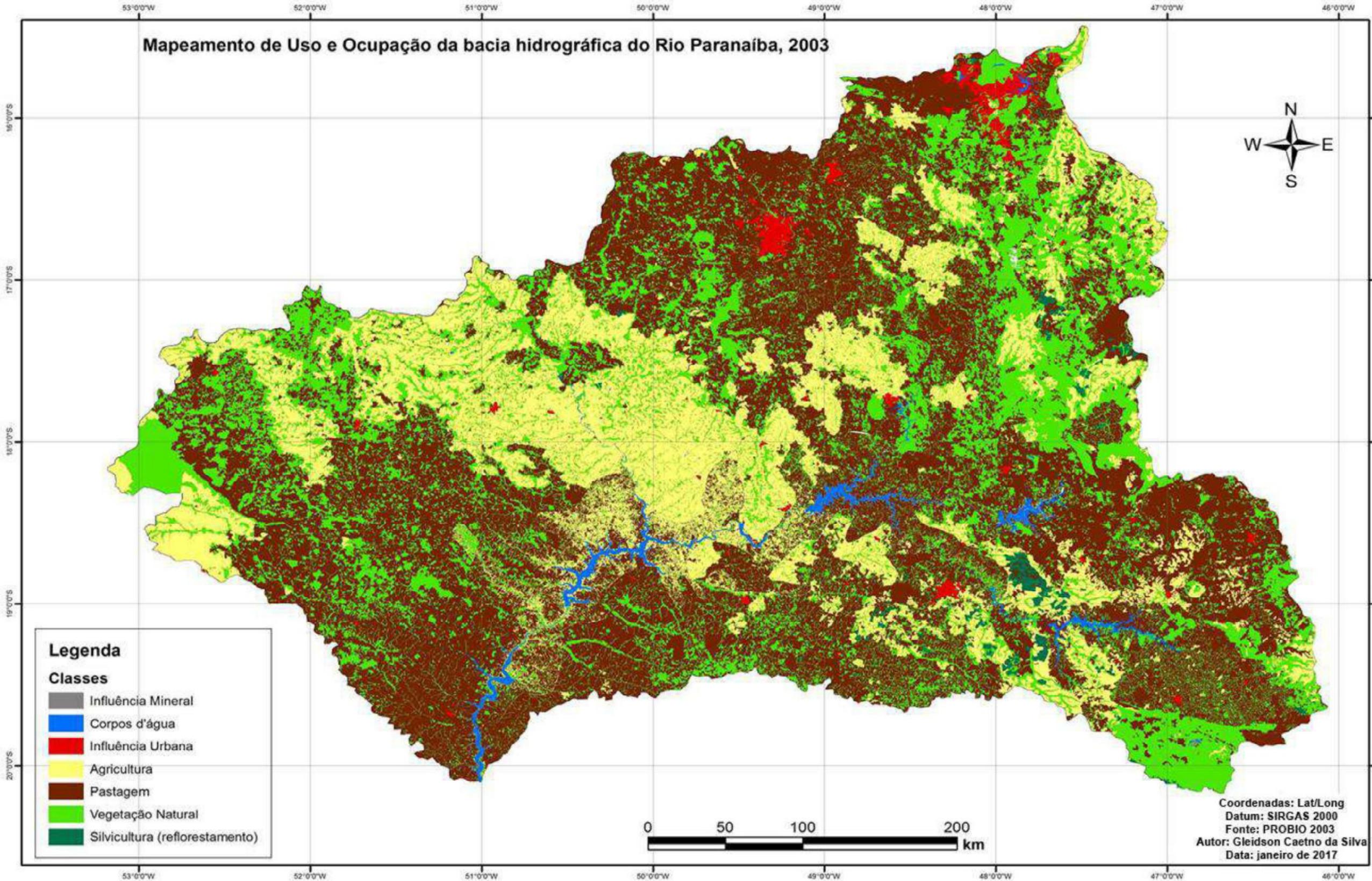
**Gráfico 4** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Estimativas de Perdas e Ganhos em Área (Km<sup>2</sup>) entre os Mapeamentos de 1985 e 2003.



**Fonte:** Silva. G. C (2017).

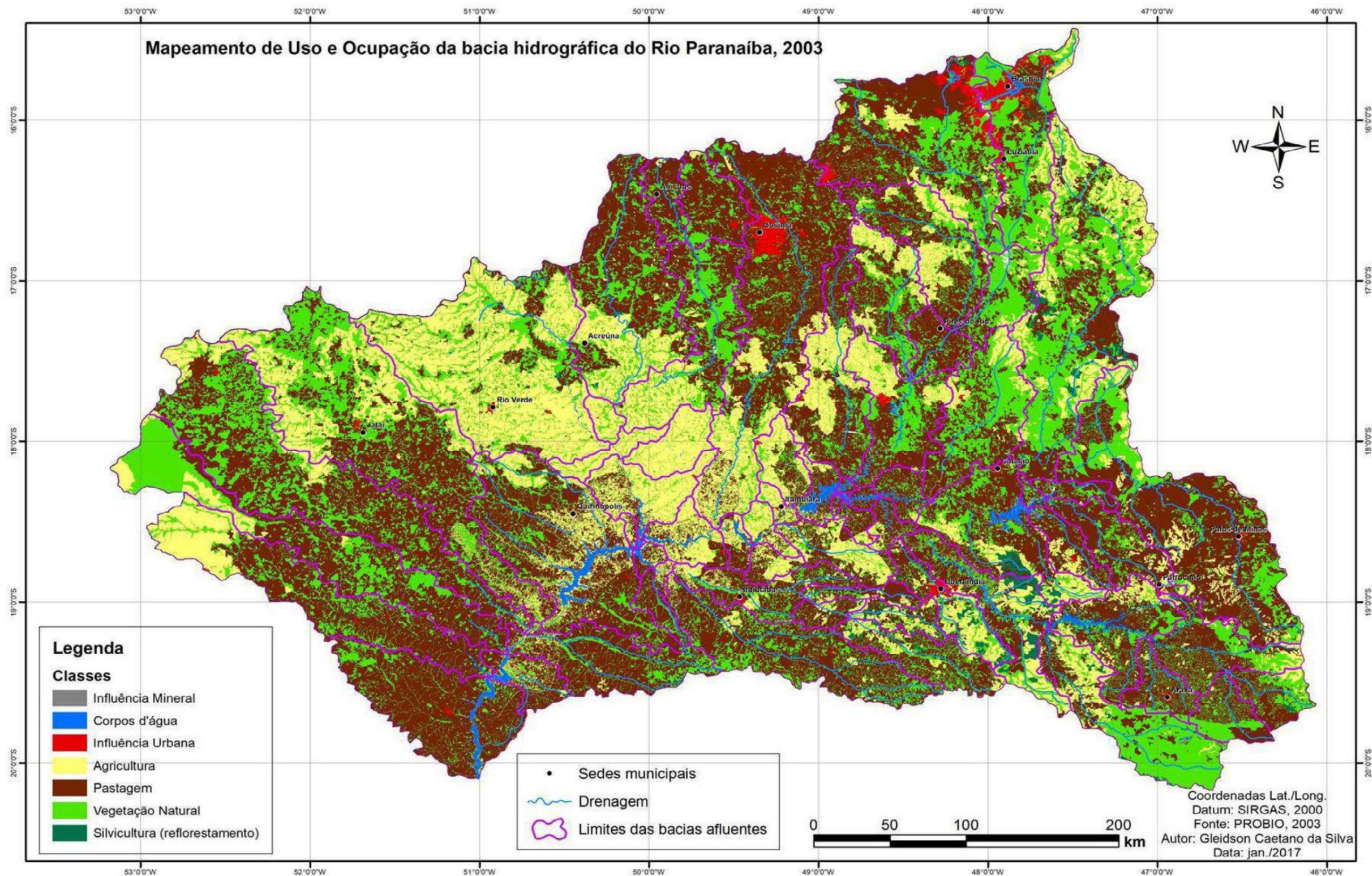
A abrangência da classe dos corpos d'água apresentou acréscimo de 154,60 km<sup>2</sup>, indicando um índice percentual de crescimento de 0,7%, fator este, que pode ser reforçado devido a implantação do setor hidrelétrico e o aumento do represamento em alguns rios da bacia. A figura 36 representa todo o mapeamento de forma ampla e a figura 37 além de apresentar todo o mapeamento, indica os limites das bacias afluentes na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba durante o ano de 2003, onde:

Figura 36 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos em 2003.



Fonte: Adaptado PROBIO (2003). Org. Silva. G. C (2017).

Figura 37 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos com limite das bacias afluentes em 2003.



Fonte: Adaptado PROBIO (2003). Org. Silva. G. C (2017).

## 5.5 Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Mapeamento Uso e Ocupação dos Solos de 2013.

Ao se tratar do mapeamento das classes de uso e ocupação dos solos referente ao período de 2013, foi contemplado com auxílio do projeto TERRACLASS (2013) e, para tanto, utilizou-se de imagens dos satélites *Landsat 5* e *8 TM* e *ETM+*, mantendo a escala cartográfica 1:250.000. Optou-se em trabalhar com relação à área utilizando-se quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) conforme foram representados na tabela 26.

A análise dos dados referentes ao mapeamento das classes de uso e ocupação dos solos de 2013, traz a classe categorizada como pastagem em primeiro lugar apresentando uma área 91.139,78 Km<sup>2</sup>, ou seja, as pastagens ainda têm um grande significado de ocupação territorial ocupando aproximadamente 41,17% da área total da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba que neste mapeamento totalizou 221.360,91Km<sup>2</sup>.

Ressaltava-se neste contexto, que a classe categorizada como sendo vegetação natural ocupava 63.781,55 Km<sup>2</sup>, apontando uma taxa de ocupação de 28,81%, enquanto a classe de uso e ocupação da agricultura ocupava uma área de 57.579,18 Km<sup>2</sup> e contempla uma taxa de ocupação de 26,01%, ou seja, configurava-se então uma proximidade bem aparente. Sendo assim, este mapeamento proposto para 2013, permitiu contemplar a proximidade existente quanto ao avanço da agricultura sobre a vegetação natural, onde pode-se constatar que há uma proximidade de 2,8%, ou seja, se houver uma expansão agrícola que atinja mais de 6.202,37 Km<sup>2</sup>. É possível afirmar que haverá uma sobreposição total da agricultura frente a vegetação natural.

**Tabela 26** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Área (Km<sup>2</sup>) ocupada no Mapeamento (2013).

CLASSES	MAPEAMENTO 2013	
	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	Taxa de Ocupação (%)
Corpos D'água	3.516,54	1,59%
Influência Urbana	2.471,53	1,12%
Influência Mineral	57,56	0,03%
Silvicultura	2.814,77	1,27%
Pastagem	91.139,78	41,17%
Vegetação Natural	63.781,55	28,81%
Agricultura	57.579,18	26,01%
Outros	1.363,61	0,62%
<b>Total</b>	<b>221.360,91</b>	<b>100%</b>

Fonte: Silva. G. C (2017).

A classe categorizada como Corpos D'água apresentou uma área de 3.516,54 Km<sup>2</sup>, e apontou uma taxa de ocupação de 1,59%, consolidando o implemento de diversas usinas hidrelétricas e a construção de diversos reservatórios artificiais ao longo de toda a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Em seguida, a classe de uso e ocupação dos solos categorizada como Silvicultura ocupou uma área de 2.814,77 Km<sup>2</sup>, com uma taxa de ocupação de 1,27%.

Com relação a classe categorizada como Influência Urbana, essa apresentou uma área de 2.471,53 Km<sup>2</sup>, com um índice percentual de 1,12%. Consolidando então a crescente urbanização dos espaços rurais, o crescimento das cidades e o crescimento agroindustrial e, sendo assim, por último, tem se a classe referente a Influência Mineral com apenas 57,56 Km<sup>2</sup> e um crescimento de 0,03%, ou seja, graças as exportações houve um grande avanço territorial nas prospecções mineralógicas dentro do contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, bem como, a expansão das áreas exploradas. No entanto, através da figura 38 e 39, buscou-se a representação do mapeamento quanto ao uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba durante o ano de 2013.

## 5.6 Análise comparativa entre a evolução dos Mapeamentos de Uso e Ocupação dos Solos durante o Período Proposto

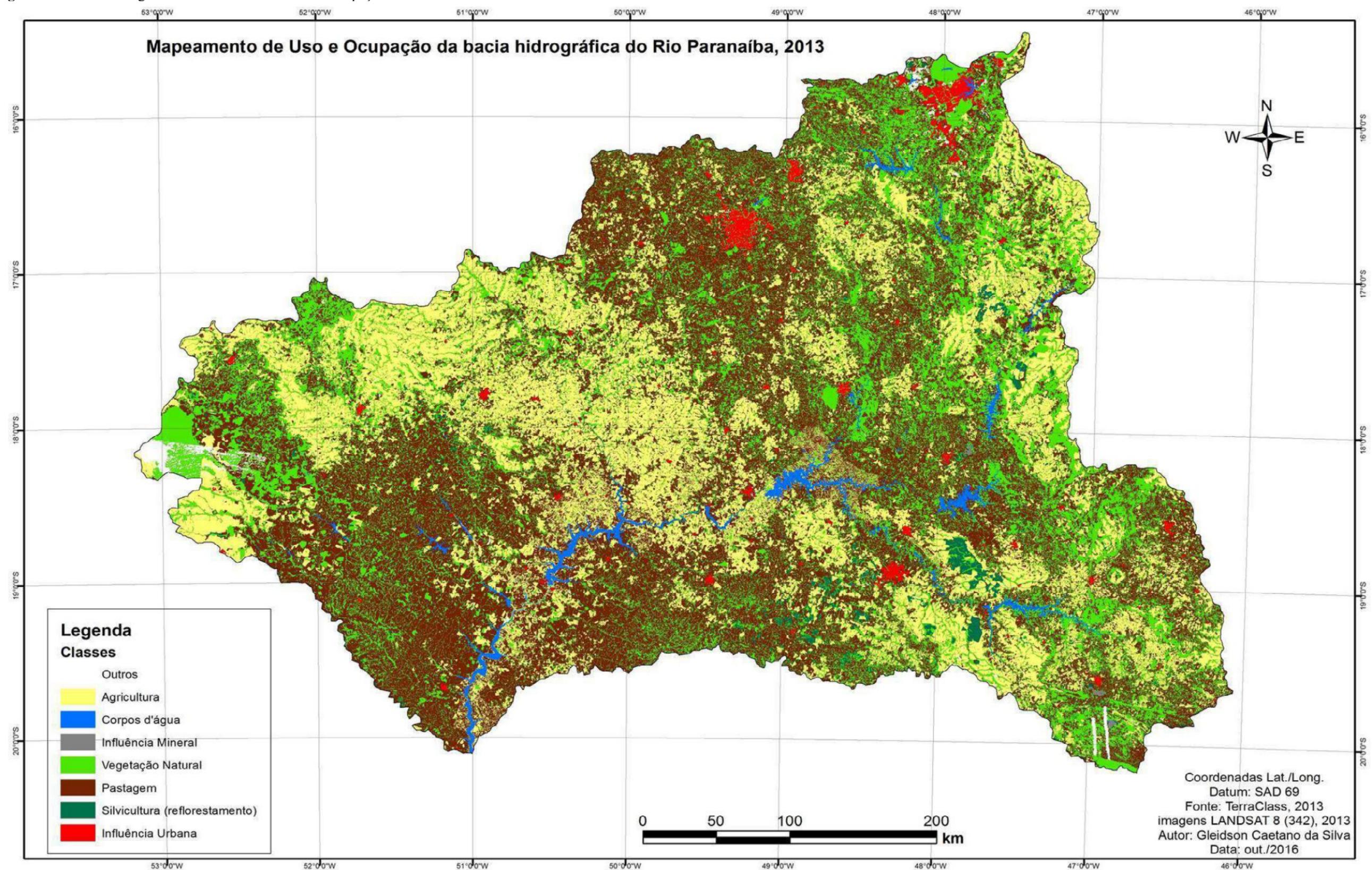
Com relação a evolução do mapeamento, pode-se perceber que a classe de uso e ocupação dos solos correspondente a pastagem durante o período corresponde os mapeamentos de 1985 a 2003 o ocorreu um acréscimo de 4.367,33 Km<sup>2</sup>, fator esse associado pelo aumento da pecuária na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, mais infelizmente no mapeamento de 2003 a 2013 constata-se um decréscimo significativo de aproximadamente 15.848,27 Km<sup>2</sup> fator esse justificado pelo avanço da agricultura sobre as áreas de pastagem, havendo assim a rotatividade entre as pastagens e as culturas, bem como a introdução de alimentação sintética para a alimentação dos animais na pecuária, sendo assim, pode-se contemplar um decréscimo de 11.480,94 Km<sup>2</sup> entre os períodos de 1985 a 2013, conforme pode-se observar na tabela 27:

**Tabela 27** - Evolução temporo-espacial da classe de uso e ocupação dos solos referente a pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

MAPEAMENTOS	Pastagem	Taxa de Ocupação (%)
Mapeamento 1985	102.620,72	46%
Mapeamento 2003	106.988,05	48%
Mapeamento 2013	91.139,78	41%
$\Sigma$ Área da Bacia	<b>221.360,82</b>	<b>100%</b>

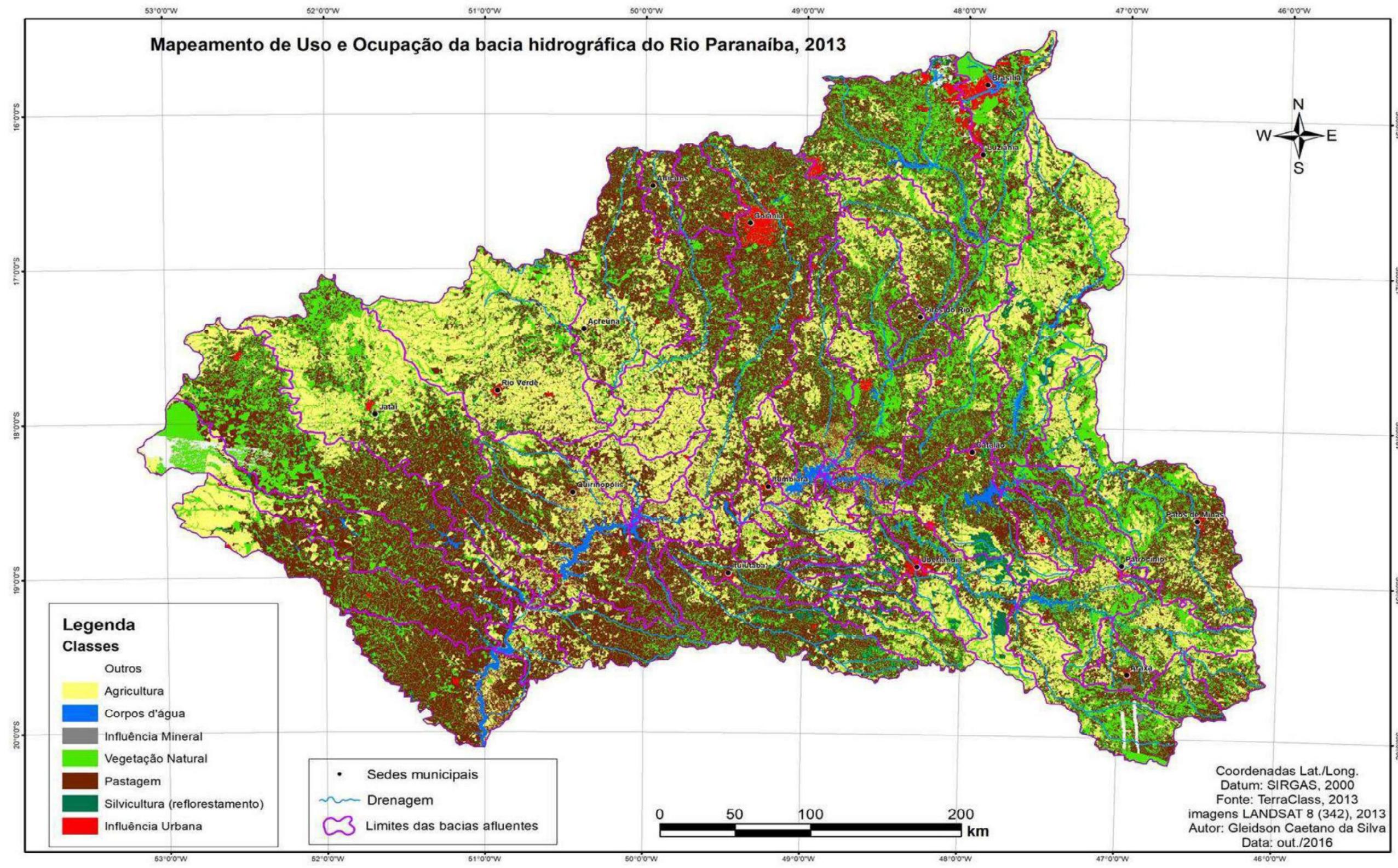
Fonte: Silva. G. C (2017).

Figura 38 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos em 2013.



Fonte: TERRACLASS (2013). Org. Silva. G. C (2017).

Figura 39 - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Uso e Ocupação dos Solos com limite das bacias afluentes em 2013.



Fonte: TERRACLASS (2013). Org. Silva. G. C (2017).

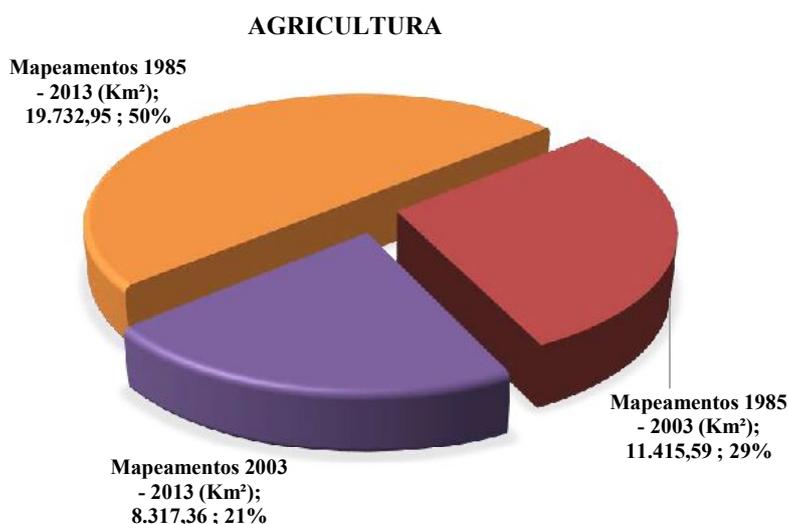
Conforme pode ser observado tanto na tabela 28 quanto no gráfico 5, a classe referente à agricultura foi a classe que mais evoluiu durante todos os mapeamentos propostos expandindo-se sobre as demais categorias, principalmente sobrepondo as classes referentes a pastagem e a vegetação natural. Percebe-se então um acréscimo de 29% durante o período de 1985 a 2003, o que veio a representar 11.415,59 Km<sup>2</sup>, evolução esta que continuou para o próximo período de 2003 a 2013 chegando então a um acréscimo de 8.317,36 Km<sup>2</sup>, o que representa um índice percentual de 21%. Embora possa se aludir um crescimento de 50% para o período de 1985 a 2013 totalizando um acréscimo de 19.732,95 Km<sup>2</sup>.

**Tabela 28** - Evolução temporo-espacial da classe de uso e ocupação dos solos referente a agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

MAPEAMENTOS	AGRICULTURA
Mapeamento 1985	37.846,23
Mapeamento 2003	49.261,82
Mapeamento 2013	57.579,18
<b>Acréscimos / Decréscimos</b>	<b>Agricultura</b>
Mapeamentos 1985 - 2003 (Km <sup>2</sup> )	11.415,59
Mapeamentos 2003 - 2013 (Km <sup>2</sup> )	8.317,36
Mapeamentos 1985 - 2013 (Km <sup>2</sup> )	19.732,95

Fonte: Silva. G. C (2017).

**Gráfico 5** - Estimativas de Perdas e Ganhos em Área (Km<sup>2</sup>) entre os Mapeamentos de 1985 e 2003.



Fonte: Silva. G. C (2017).

Ao abordar a classe categorizada como vegetação natural, percebe-se um decréscimo significativo em todos os mapeamentos propostos, reduzindo assim os espaços importantes e característicos para a manutenção dos biomas Cerrado e Mata Atlântica.

Conforme pode-se contemplar na tabela 29 a evolução temporo-espacial correspondente aos períodos de 1985 a 2003, registrou um decréscimo de 15.342,43 Km<sup>2</sup>, ou seja, aproximadamente uma perda de 21% e, todavia, no próximo período analisado de 2003 a 2013 tenha apresentado um acréscimo de 5.178,43 Km<sup>2</sup>, indicando então um crescimento de 9%, que veio trazer indícios de uma possível mudança comportamental quanto a preservação da vegetação natural, valores estes expressos mediante a criação das unidades de conservação e implantação das políticas conservacionistas e ambientais ampliadas nas últimas décadas e que visam preservar principalmente o bioma Cerrado, que tem apresentado amplamente deteriorado, fator esse que comprovado devido ao decréscimo de 10.164,00 Km<sup>2</sup>, no período de 1985 a 2013 e representa uma perda de 14%.

**Tabela 29** - Evolução temporo-espacial da classe de uso e ocupação dos solos referente a agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

MAPEAMENTOS	VEGETAÇÃO NATURAL
Mapeamento 1985	73.945,55
Mapeamento 2003	58.603,12
Mapeamento 2013	63.781,55
ACRÉSCIMOS / DECRÉSCIMOS	VEGETAÇÃO NATURAL
Mapeamentos 1985 - 2003 (Km <sup>2</sup> )	-15.342,43
Mapeamentos 2003 - 2013 (Km <sup>2</sup> )	5.178,43
Mapeamentos 1985 - 2013 (Km <sup>2</sup> )	-10.164,00
ACRÉSCIMOS / DECRÉSCIMOS	VEGETAÇÃO NATURAL
Mapeamentos 1985 - 2003 (%)	-21%
Mapeamentos 2003 - 2013 (%)	9%
Mapeamentos 1985 - 2013 (%)	-14%

Fonte: Silva. G. C (2017).

O crescimento da classe categorizada como Influencia Urbana, justifica o seu acréscimo de 682,07 Km<sup>2</sup> para o período de 1985 a 2013, devido a influência da agricultura, e pecuária e do sistema industrial agro-silvo-pastoril, que expandiu muito durante as últimas décadas principalmente devido ao mercado extremamente favorável tanto nacionalmente quanto internacionalmente.

A classe de uso e ocupação dos solos que apresentou crescimento favorável foi a influência mineral, embora tenha apresentado para o período compreendido entre 1985 e 2003 um decréscimo de 2,49 Km<sup>2</sup>, nos próximos períodos veio apresentando um acréscimo significativo tanto para o período de 2003 a 2013, onde apresentou um aumento de 44,07 Km<sup>2</sup>, fator esse favorecido pelo mercado exportador e também pelo aumento da prospecção das áreas mineradas como por exemplo a abertura de novas mineradoras. Para o período de 1985 a 2013 a classe de uso e ocupação referente a influência mineral confirmou o acréscimo de 41,58 Km<sup>2</sup>.

Enquanto a classe categorizada com silvicultura, durante os períodos avaliados nos mapeamentos constatou-se que houve uma variação entre o primeiro período avaliado que foi de 1985 a 2003 que apresentou um decréscimo de 1.502,82 Km<sup>2</sup> sendo subjugado posteriormente no próximo período de 2003 a 2013 com um acréscimo de 1.370,52 Km<sup>2</sup>, sendo assim, constatou-se uma perda de área entre os períodos de 1985 a 2013 de 132,30 Km<sup>2</sup> referente a um índice percentual de 0,06%.

A perda de área da classe da Silvicultura, pode estar vinculada a inúmeros fatores como por exemplo, a perda efetiva de mercado, fator esse que foi recorrente a inúmeras empresas que também optaram pela mudança de atividade produtiva vindo a abandonar o reflorestamento e passando investir em outras atividades produtivas como a agricultura extensiva ou associado agricultura, pecuária e pequenas áreas reflorestadas, diversificando assim suas fontes de renda.

Os dados referentes a classe de uso e ocupação dos solos categorizada como corpos d'água, fazem menção aos recursos hídricos pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba conforme representado na tabela 30, apresentaram um acréscimo de 7% para o período de 1985 a 2003, representando uma área de 154, 60 Km<sup>2</sup>, posteriormente houve um acréscimo mais significativo de 50% para o período de 2003 a 2013 indicando um aumento de área de 1.166,13 Km<sup>2</sup>. Isso pode ser explicado pela diversidade de implantação do setor hidroelétrico em diversos cursos fluviais da bacia hidrográfica bem como a implantação de reservatórios artificiais.

Portanto, com relação ao período de 1985 a 2013 o crescimento expressa um aumento de 60%, e ressalta a necessidade de políticas voltadas quanto a gestão dos recursos hídricos, principalmente devido os mesmos representarem aproximadamente 1,32% do espaço físico da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

**Tabela 30** - Evolução temporo-espacial da classe de uso e ocupação dos solos referente a agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

MAPEAMENTOS	CORPOS D'ÁGUA
Mapeamento 1985	2.195,81
Mapeamento 2003	2.350,41
Mapeamento 2013	3.516,54
ACRÉSCIMOS / DECRÉSCIMOS	CORPOS D'ÁGUA
Mapeamentos 1985 - 2003 (Km <sup>2</sup> )	154,60
Mapeamentos 2003 - 2013 (Km <sup>2</sup> )	1.166,13
Mapeamentos 1985 - 2013 (Km <sup>2</sup> )	1.320,73
ACRÉSCIMOS / DECRÉSCIMOS	CORPOS D'ÁGUA
Mapeamentos 1985 - 2003 (%)	7%
Mapeamentos 2003 - 2013 (%)	50%
Mapeamentos 1985 - 2013 (%)	60%

Fonte: Silva. G. C (2017).

### 5.7 Análise das características Pluviométricas da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

A compreensão acerca dos fatores climáticos é de suma importância, pois trazem um novo repensar, principalmente na atualidade, onde tais assuntos vem ganhando cada vez mais abordagens, tanto nas mídias, quanto no campo da ciência, por isso, torna-se vital dentro do contexto de estudos sobre bacias hidrográficas. A busca constante pelo entendimento, especialmente galgando descobertas acerca da caracterização pluviométrica, tanto da sua distribuição espacial e temporal e, para tanto, possibilite oferecer subsídios para uma gestão adequada dos recursos hídricos.

Tais abordagens refletem o que é de extrema importância quanto a manipulação, geração e produção de dados referentes a disponibilidade hídrica, onde os conjuntos de informações ajudam por exemplo na compreensão da distribuição temporal da precipitação. Sendo assim, para Ferreira (2007):

[...] A distribuição temporal da precipitação exerce influência no volume de água disponível para recarga de água subterrânea, em qualquer tipo de paisagem. Chuvas regularmente distribuídas promovem uma infiltração maior, pois a velocidade de infiltração acompanha o volume de precipitação. As chuvas torrenciais favorecem o escoamento superficial direto, pois a taxa de infiltração pode ser inferior ao grande volume de água precipitada em curto intervalo de tempo. Já a temperatura é um dos fatores importantes no que se refere às taxas de evapotranspiração, pois indica a disponibilidade energética do ambiente e, conseqüentemente, a demanda hídrica ambiental.

Neste contexto, tais entendimentos que envolvem os processos hidrológicos dentro da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba são possíveis mediante a quantificação da entrada de água através das precipitações.

### 5.7.1 Estatística descritivas das precipitações da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Para que fosse possível efetuar o tratamento estatístico dos dados pluviométricos, foram calculadas as medidas referentes a tendência central. Sendo assim, foi calculado a média aritmética, mediana, moda referente a precipitação anual que abrange o período de 1975 a 2013, para as 21 estações pluviométricas adotadas para o presente estudo.

Vale ressaltar também que foram calculados os valores mínimo, máximo, o 1º quartil, o 2º quartil (ou mediana) e o 3º quartil, e foram representados no gráfico 6 e, para tanto, os cálculos utilizados para essas medidas encontram-se nos estudos propostos por Spiegel (1977). Com relação as precipitações que aconteceram na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, referentes ao período de 1975 a 2013, oscilaram entre o valor mínimo de 730,2 mm e o valor máximo de 2.991,0 mm, valores esses que são considerados os valores extremos de ocorrência de precipitação na bacia e nesse período.

**Gráfico 6** - Média, mediana, moda, 1º quartil, 3º quartil e valores mínimo, médio e máximo das precipitações anuais que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1975 a 2013.



**Fonte:** ANA/Hidroweb (2016). **Org.** Silva. G. C (2017).

A diferença existente entre esses extremos tem-se a amplitude total do intervalo de ocorrências de precipitações para o período, e foi calculado chegando ao total de 2.260,80 mm. No intervalo interquartilico, com a amplitude igual a 370,0 mm, encontram-se 50% dos dados referentes as precipitações que oscilaram entre os valores menores que 1.635,0 mm e maiores que 1.265,0 mm. E com relação aos dados restantes, 25% estão correlacionados as precipitações maiores que 1.635,0 mm, e são pertencentes a um intervalo com amplitude de 1.356,0 mm, e

os outros 25% restantes das precipitações são correspondentes aos valores menores que 1.265,0 mm e pertencem a um intervalo de amplitude de 534,8 mm.

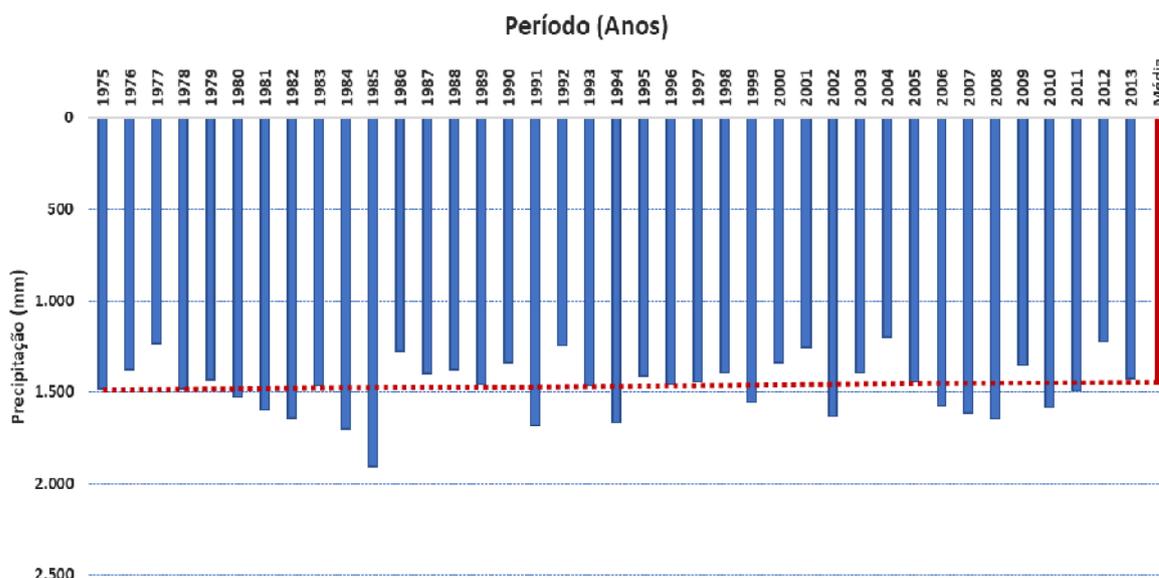
Destaca-se que o valor médio correspondente a precipitação anual de todas as estações pluviométricas adotadas, para todo o período analisado, foi igual a 1.452,0 mm (moda) e a média referente a todos os valores foi igual a 1.466,7 mm (SPIEGEL, 1977), (LANDIM, 2003).

### 5.7.2 Precipitação média anual para cada ano do período

Para os dados referentes as precipitações, registradas nas 21 estações pluviométricas, fornecidos pela Agência Nacional de Água (ANA), contemplados para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, que totalizam assim uma série histórica de 38 anos, para as quais foram calculados os totais anuais das precipitações, para cada estação pluviométrica desde o período de janeiro de 1975 a dezembro de 2013. Buscou-se então calcular a média aritmética, que corresponde a precipitação anual ocorrida em todas as estações pluviométricas, bem como, a média do período, cujo valor correspondente foi de 1.466,7 mm.

Optou-se então em representar graficamente através de um histograma, conforme indicado no gráfico 7, com barras azuis representativas da média aritmética da precipitação anual na bacia, em cada ano do período e barra vermelha representativa da média do período.

**Gráfico 7** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Histograma de distribuição das precipitações anuais para o período de 1975 a 2013.



Obs.: 1985 > média e 2004 < média.

Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

Através do histograma representado no gráfico 7, foi possível observar que a barra correspondente a 1.909,4 mm pertence ao ano de 1985 caracterizando assim como o ano de maior volume médio precipitado na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, por consequência a barra referente ao menor volume médio precipitado indica o ano de 2004 e totaliza um volume de 1.200,0 mm.

Para os valores que permaneceram abaixo da linha da média das precipitações anuais foi elaborada a tabela 31 que destaca os anos que ficaram abaixo da média, deixando-os então em vermelho e negrito e, para os demais anos que se igualaram ou superaram a média de 1.466,7 mm estes permaneceram inalterados, sendo assim:

**Tabela 31** - Volume médio precipitado anualmente na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

ANO	VOLUME MÉDIO PRECIPITADO (mm)	ANO	VOLUME MÉDIO PRECIPITADO (mm)
1975	1.480,5	1994	1.670,1
<b>1976</b>	<b>1.378,9</b>	<b>1995</b>	<b>1.411,5</b>
<b>1977</b>	<b>1.228,7</b>	<b>1996</b>	<b>1.461,4</b>
1978	1.482,0	<b>1997</b>	<b>1.443,4</b>
<b>1979</b>	<b>1.431,8</b>	<b>1998</b>	<b>1.395,9</b>
1980	1.530,6	1999	1.556,5
1981	1.597,9	<b>2000</b>	<b>1.336,4</b>
1982	1.640,1	<b>2001</b>	<b>1.251,7</b>
<b>1983</b>	<b>1.465,2</b>	2002	1.632,8
1984	1.704,6	<b>2003</b>	<b>1.396,0</b>
1985	1.909,4	<b>2004</b>	<b>1.200,0</b>
<b>1986</b>	<b>1.271,8</b>	<b>2005</b>	<b>1.441,4</b>
<b>1987</b>	<b>1.399,1</b>	2006	1.574,9
<b>1988</b>	<b>1.382,3</b>	2007	1.612,6
<b>1989</b>	<b>1.460,1</b>	2008	1.646,1
<b>1990</b>	<b>1.338,0</b>	<b>2009</b>	<b>1.355,9</b>
1991	1.686,1	2010	1.581,7
<b>1992</b>	<b>1.240,6</b>	2011	1.489,6
<b>1993</b>	<b>1.464,5</b>	<b>2012</b>	<b>1.222,7</b>
		<b>2013</b>	<b>1.429,3</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>1.466,7</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>1.466,7</b>

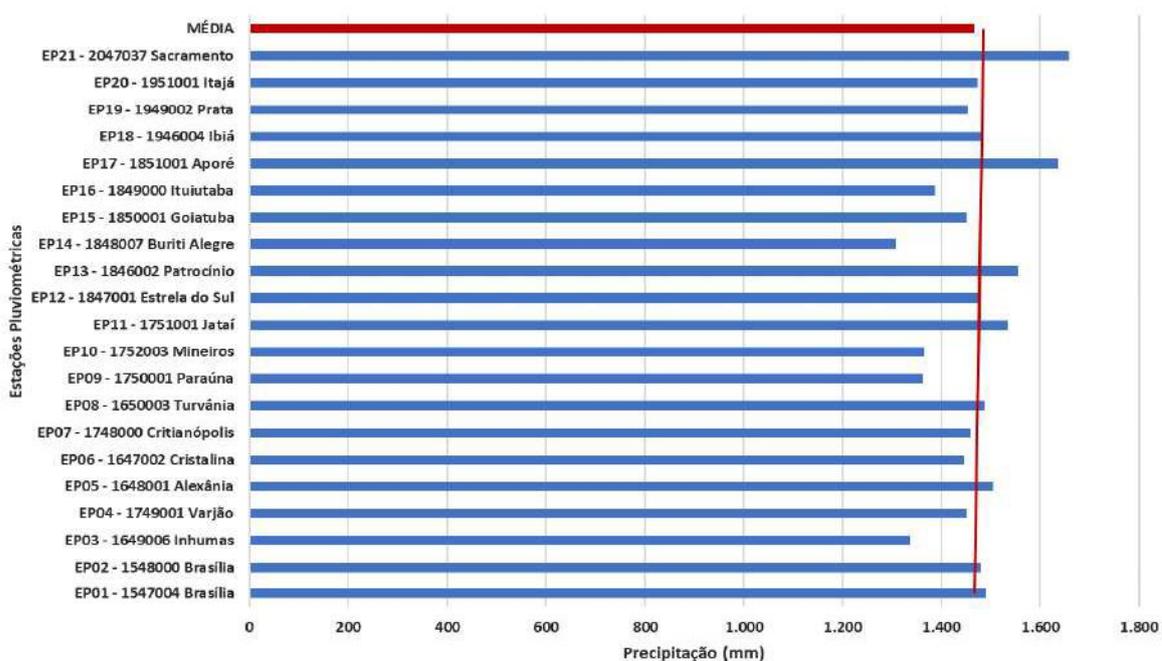
Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

### 5.7.3 Precipitação média anual em cada estação pluviométrica.

Buscando compreender o comportamento regional das precipitações na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, optou-se em calcular a média aritmética para cada estação pluviométrica, referente a cada precipitação ocorrida nos 38 anos abordados no período proposto de 1975 a 2013.

Preocupou-se também em representar graficamente através de um histograma, conforme indicado no gráfico 8, onde as barras azuis indicam a média aritmética da precipitação anual para a estação pluviométrica correspondente e a barra vermelha representativa da média do período analisado.

**Gráfico 8** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Histograma de distribuição das precipitações anuais para as estações pluviométricas durante o período de 1975 a 2013.



**Fonte:** ANA/Hidroweb (2016). **Org.** Silva. G. C (2017).

A representação através do gráfico 8, permitiu avaliar que a estação pluviométrica que apresentou maior volume médio precipitado foi a estação EP21 no município de Sacramento – MG com 1.659,02 mm. Em contrapartida o menor volume médio precipitado foi registrado na estação pluviométrica EP14 no município de Buriti Alegre – GO com 1.309,18 mm.

Abaixo da média anual de 1.466,7 mm foram encontradas as seguintes estações pluviométricas conforme representado na tabela 32, em ordem decrescente, onde os valores oscilaram entre os volumes médios precipitados de 1.309,18 mm e 1.459,00 mm.

**Tabela 32** - Volume médio precipitado abaixo da média anual na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

<b>ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA</b>	<b>VOLUME MÉDIO PRECIPITADO (mm)</b>
EP14 - 1848007 Buriti Alegre	1.309,18
EP03 - 1649006 Inhumas	1.336,69
EP09 - 1750001 Paraúna	1.362,22
EP10 - 1752003 Mineiros	1.366,36
EP16 - 1849000 Ituiutaba	1.387,31
EP06 - 1647002 Cristalina	1.446,77
EP04 - 1749001 Varjão	1.449,47
EP15 - 1850001 Goiatuba	1.451,16
EP19 - 1949002 Prata	1.454,32
EP07 - 1748000 Cristianópolis	1.459,00

**Fonte:** ANA/Hidroweb (2016). **Org.** Silva. G. C (2017).

Portanto os valores que se igualaram ou foram superiores à média anual, estes foram representados na tabela 33, em ordem decrescente, sendo assim, pode-se constatar que os valores acima da média oscilaram entre os volumes médios precipitados de 1.474,21 mm e 1.659,02 mm.

**Tabela 33** - Volume médio precipitado acima da média anual na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

<b>ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA</b>	<b>VOLUME MÉDIO PRECIPITADO (mm)</b>
EP20 - 1951001 Itajá	1.474,21
EP12 - 1847001 Estrela do Sul	1.476,99
EP02 - 1548000 Brasília	1.478,69
EP18 - 1946004 Ibiá	1.480,62
EP08 - 1650003 Turvânia	1.488,17
EP01 - 1547004 Brasília	1.489,44
EP05 - 1648001 Alexânia	1.503,97
EP11 - 1751001 Jataí	1.534,13
EP13 - 1846002 Patrocínio	1.557,09
EP17 - 1851001 Aporé	1.636,37
EP21 - 2047037 Sacramento	1.659,02

**Fonte:** ANA/Hidroweb (2016). **Org.** Silva. G. C (2017).

## **5.8 Análises Fluviométricas para os regimes de vazões da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**

Sousa *et al.* (2010), afirmam que a análise preditiva dos regimes de vazão em um sistema hídrico vem sendo considerado como uma das técnicas usuais que busca minimizar o impacto das incertezas climáticas frente ao gerenciamento dos recursos hídricos, podendo assim, neste enfoque considerá-la como um grande desafio quanto ao conhecimento integrado entre a climatologia e a hidrologia. Buscando ampliar ainda mais o conhecimento acerca dos recursos hídricos, e em particular sobre os regimes de vazão máxima, média e mínima da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, sendo possível mediante a análise de dados primários fornecidos

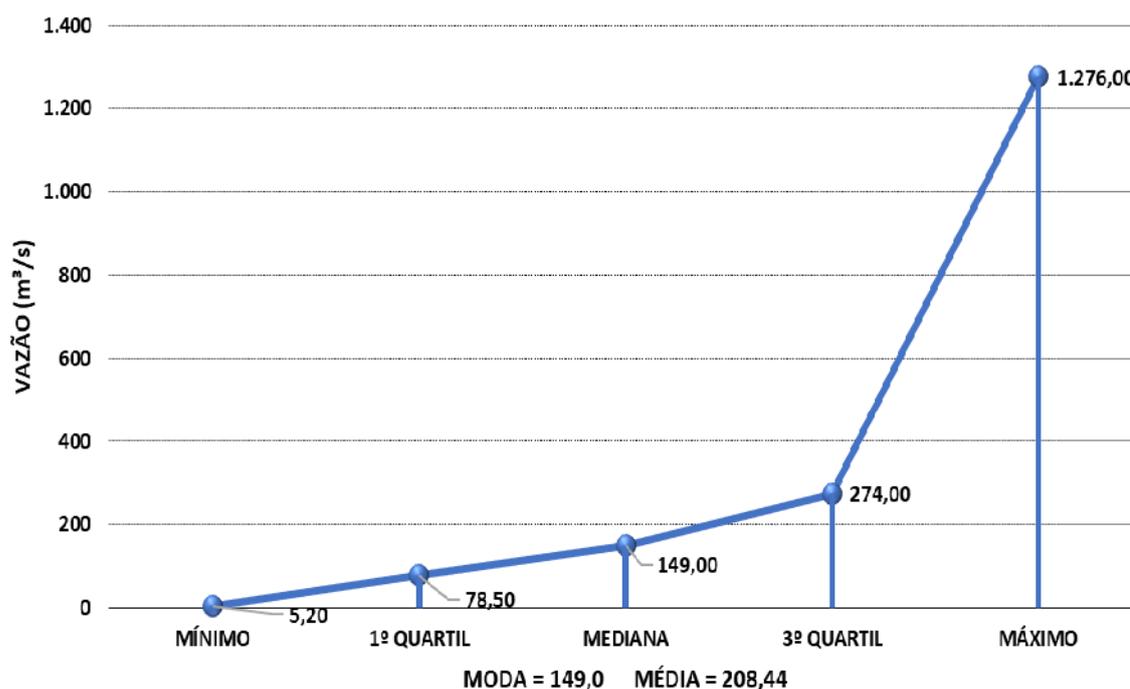
pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Para tanto, atenta-se a proposta de Ferreira (2007), que traz relatos quanto a importância em se buscar averiguar quanto a existência ou não de tendências que indicam mudanças nos cenários de vazão máxima, média e mínima, permitindo assim uma análise eficiente no tratamento dos dados das séries históricas, ou seja, deve-se buscar sempre o conhecimento acerca do regime hidrológico de uma bacia hidrográfica, pois o conhecimento adquirido é de fundamental importância para a avaliação de suas potencialidades hídricas.

### 5.8.1 Estatística Descritiva dos dados da vazão na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba

Para que fosse possível efetuar o tratamento estatístico dos dados fluviométricos foram calculadas as medidas referentes a tendência central, sendo assim, foi calculado a média aritmética, mediana, moda referente a vazão máxima, média e mínima anuais que abrangem o período de 1975 a 2013, para as 23 estações fluviométricas adotadas para o presente estudo. Vale ressaltar que foram calculados os valores mínimo, máximo, o 1º quartil, o 2º quartil (ou mediana) e o 3º quartil, que foram representados nos gráficos 9, 10 e 11 e, para tanto, os cálculos utilizados para essas medidas encontram-se nos estudos propostos por (SPIEGEL, 1977).

**Gráfico 9** – Média, mediana, moda, 1º quartil, 3º quartil e valores mínimo, médio e máximo das vazões máximas anuais que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1975 a 2013.



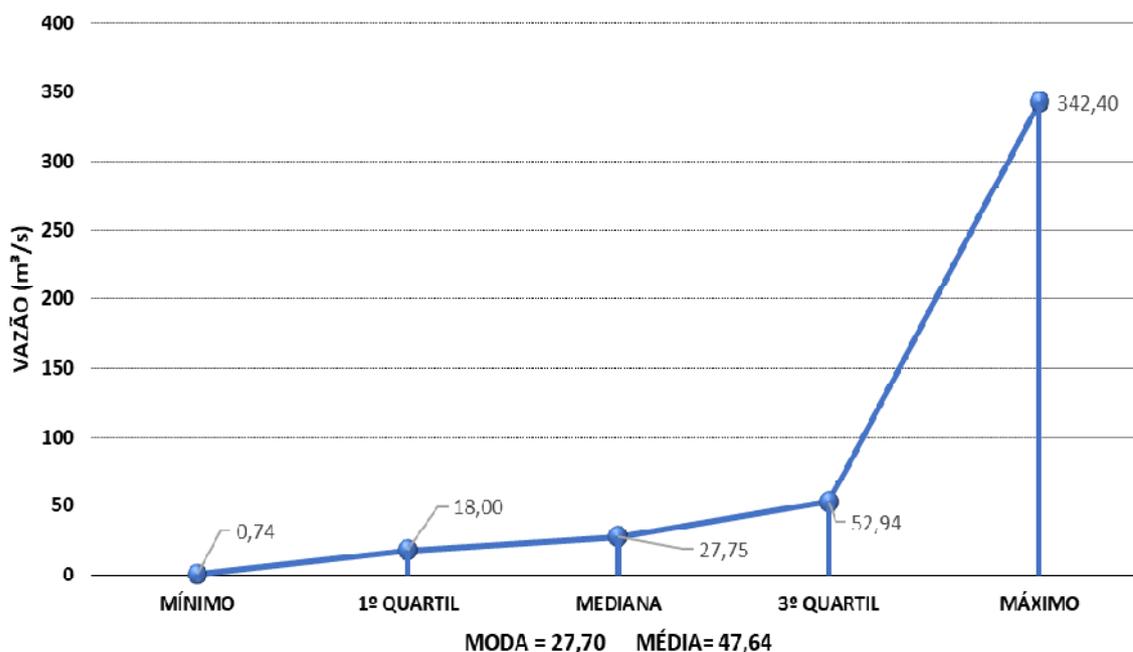
Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

Com relação as vazões máximas que aconteceram na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, referentes ao período de 1975 a 2013, oscilaram entre o valor mínimo de 5,2 m<sup>3</sup>/s e o valor máximo de 1.276,0 m<sup>3</sup>/s, valores esses que são considerados os valores extremos de ocorrência quanto a vazão máxima na bacia neste período. Com relação a diferença existente entre esses extremos tem-se a amplitude total do intervalo de ocorrências de vazão máxima para o período, e foi calculado chegando ao total de 1.270,8 m<sup>3</sup>/s.

Para tanto, no intervalo interquartílico, com a amplitude igual a 195,50 m<sup>3</sup>/s, encontram-se 50% dos dados referentes as vazões que oscilaram entre os valores menores que 274,0 m<sup>3</sup>/s e maiores que 78,50 m<sup>3</sup>/s. E com relação aos dados restantes, 25% estão correlacionados as vazões maiores que 274,0 m<sup>3</sup>/s e são pertencentes a um intervalo com amplitude de 1.002,0 m<sup>3</sup>/s, e os outros 25% restantes das vazões máximas correspondem aos valores menores que 78,50 m<sup>3</sup>/s e pertencem a um intervalo de amplitude de 73,3 m<sup>3</sup>/s.

Destaca-se que o valor médio correspondente a vazão máxima anual de todas as estações fluviométricas adotadas, para todo o período analisado, foi igual a 149,0 m<sup>3</sup>/s (moda) e a média referente a todos os valores foi igual a 208,44 m<sup>3</sup>/s (SPIEGEL, 1977), (LANDIM, 2003).

**Gráfico 10** - Média, mediana, moda, 1º quartil, 3º quartil e valores mínimo, médio e máximo das vazões médias anuais que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1975 a 2013.



Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

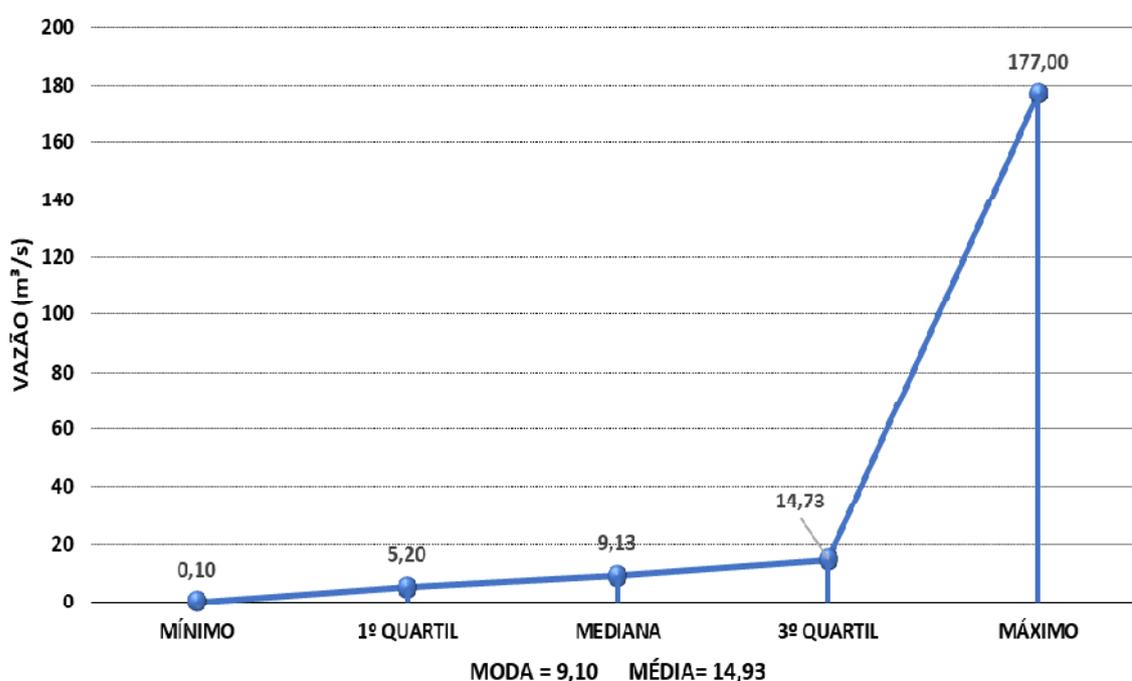
Portanto as vazões médias recorrentes na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, que contemplam o período de 1975 a 2013, variaram entre o valor mínimo de 0,74 m<sup>3</sup>/s e o valor máximo de 342,4 m<sup>3</sup>/s, ressalta-se que valores esses que são concebidos os valores extremos de ocorrência. Com relação a amplitude total para o intervalo de ocorrências de vazão média do período, o resultado obtido foi de 341,66 m<sup>3</sup>/s.

No entanto, com relação ao intervalo interquartilico, com a amplitude igual a 34,94 m<sup>3</sup>/s, encontram-se 50% dos dados referentes as vazões que oscilaram entre os valores menores que 52,94 m<sup>3</sup>/s e maiores que 18,0 m<sup>3</sup>/s.

Sendo assim, para os dados restantes, referentes aos 25% que estão correlacionadas as vazões maiores que 52,94 m<sup>3</sup>/s, e são pertencentes a um intervalo com amplitude de 289,46 m<sup>3</sup>/s, e os outros 25% restantes das vazões médias são correspondentes aos valores menores que 18,0 m<sup>3</sup>/s e pertencem a um intervalo de amplitude de 17,26 m<sup>3</sup>/s.

Aponta-se que o valor médio correspondente a vazão média anual para todas as estações fluviométricas adotadas, para todo o período analisado, foi igual a 27,7 m<sup>3</sup>/s (moda) e a média referente a todos os valores foi igual a 47,64 m<sup>3</sup>/s (SPIEGEL, 1977), (LANDIM, 2003).

**Gráfico 11** - Média, mediana, moda, 1º quartil, 3º quartil e valores mínimo, médio e máximo das vazões mínimas anuais que ocorreram na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no período de 1975 a 2013.



Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

A análise quartilíssimas das vazões mínimas da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, para o período de 1975 a 2013, oscilaram entre o registro mínimo de 0,1 m<sup>3</sup>/s e o valor máximo de 177,0 m<sup>3</sup>/s, com uma amplitude total para o intervalo de 176,9 m<sup>3</sup>/s. No entanto com relação ao intervalo interquartilíco, com a amplitude igual a 9,53 m<sup>3</sup>/s, encontram-se 50% dos dados referentes as vazões que oscilaram entre os valores menores que 14,73 m<sup>3</sup>/s e maiores que 5,20 m<sup>3</sup>/s. Portanto, para os dados referentes ao 25% que estão correlacionados as vazões maiores que 14,73 m<sup>3</sup>/s, e são pertencentes a um intervalo com amplitude de 162,27 m<sup>3</sup>/s e, os outros 25% restantes das vazões mínimas são correspondentes aos valores menores que 5,20 m<sup>3</sup>/s e pertencem a um intervalo de amplitude de 5,10 m<sup>3</sup>/s.

Aponta-se que o valor médio adequado a vazão mínima anual para todas as estações fluviométricas adotadas para todo o período analisado, foi igual a 9,10 m<sup>3</sup>/s (moda) e a média referente a todos os valores foi igual a 14,93 m<sup>3</sup>/s (SPIEGEL, 1977), (LANDIM, 2003).

### **5.8.2 Análise do comportamento da vazão mínima, média e máxima**

Entende-se que compreender o comportamento da vazão de um rio, é de suma importância para que se possa estabelecer estratégias quanto a utilização dos recursos hídricos.

Sendo assim, o entendimento acerca do comportamento da vazão pode ser alcançado através da análise das vazões máxima, média, mínima referentes as vazões mensais. Para que se possa contemplar o valor referente a vazão mensal, esse valor tem que ser adquirido por meio da média aritmética das vazões que ocorreram durante o mês observado.

De acordo com Junior (2013), somente com a curva gerada pela vazão média obtida através da média aritmética e pela média de longo prazo ou MLT. É correto afirmar que a média de longo prazo é obtida através da média aritmética das vazões diárias ocorridas para o período total analisado, no entanto, o período proposto fluviometricamente foi de 1975 a 2013.

O mesmo autor *op. cit.* por meio da análise da curva gerada graficamente é possível avaliar o período seco e chuvoso, ou seja, observa-se a média mensal que se encontra abaixo da média de longo prazo e o período é caracterizado como seco, em caso contrário, a média mensal que se encontra acima da média de longo prazo, o período é então caracterizado como chuvoso.

Para tanto, utilizaremos as estações fluviométricas representadas no quadro 6, totalizando 23 estações disponibilizadas ao longo da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

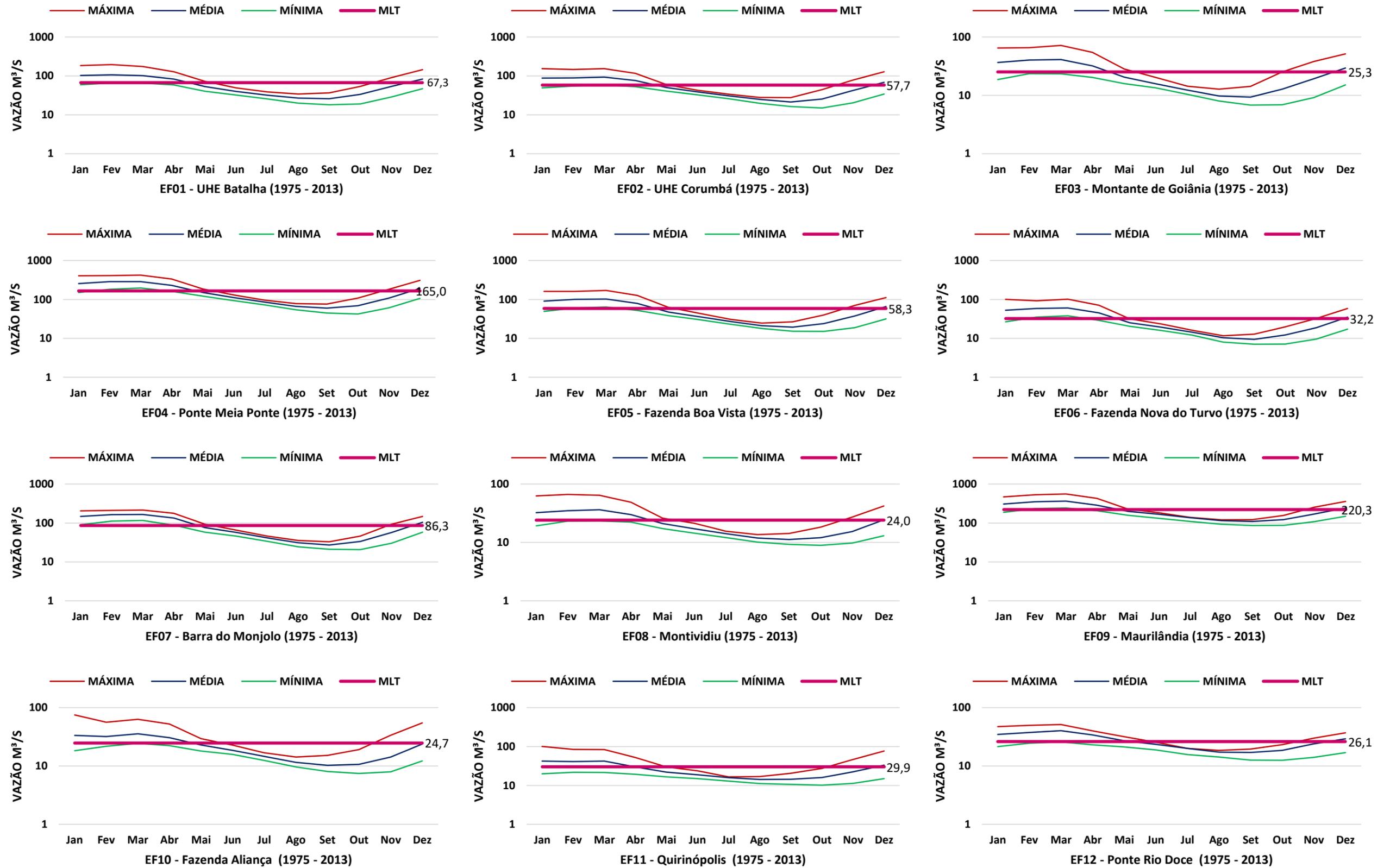
**Quadro 6** - Relação das Estações Fluviométricas da ANA utilizadas para a análise estatística da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

<b>Código</b>	<b>Estação Fluviométrica</b>	<b>Curso Fluvial</b>	<b>UF</b>	<b>Drenagem (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>MLT</b>
<b>EF01</b>	60500000 UHE Batalha	Rio São Bartolomeu	GO	4130	<b>67,3</b>
<b>EF02</b>	60540000 UHE Corumbá	Rio Piracanjuba	GO	3680	<b>57,7</b>
<b>EF03</b>	60640000 Montante de Goiânia	Rio Meia Ponte	GO	1740	<b>25,3</b>
<b>EF04</b>	60680000 Ponte Meia Ponte	Rio Meia Ponte	GO	11500	<b>165,0</b>
<b>EF05</b>	60715000 Fazenda Boa Vista	Rio dos Bois	GO	4640	<b>58,3</b>
<b>EF06</b>	60750000 Fazenda Nova do Turvo	Rio Turvo	GO	2640	<b>32,2</b>
<b>EF07</b>	60765000 Barra do Monjolo	Rio Turvo	GO	7890	<b>86,3</b>
<b>EF08</b>	60774000 Montividiu	Rio Verde ou Verdão	GO	1020	<b>24,0</b>
<b>EF09</b>	60798000 Maurilândia	Rio Verde ou Verdão	GO	12800	<b>220,3</b>
<b>EF10</b>	60810000 Fazenda Aliança	Ribeirão Santa Bárbara	GO	1360	<b>24,7</b>
<b>EF11</b>	60870000 Quirinópolis	Rio Preto	GO	1630	<b>29,9</b>
<b>EF12</b>	60895000 Ponte Rio Doce	Rio Doce	GO	1280	<b>26,1</b>
<b>EF13</b>	60910000 Ponte do Cedro	Rio Verde	GO	638	<b>16,8</b>
<b>EF14</b>	60010000 Santana de Patos	Rio Paranaíba	MG	2730	<b>54,7</b>
<b>EF15</b>	60100000 Charqueada do Patrocínio	Rio Dourados	MG	78	<b>3,1</b>
<b>EF16</b>	60110000 Abadia dos Dourados	Rio Dourados	MG	1950	<b>38,1</b>
<b>EF17</b>	60150000 Estrela do Sul	Rio Bagagem	MG	868	<b>18,0</b>
<b>EF18</b>	60220000 Desemboque	Rio Araguari	MG	1070	<b>37,8</b>
<b>EF19</b>	60250000 Fazenda são Mateus	Rio Quebra-anzol	MG	1300	<b>36,2</b>
<b>EF20</b>	60381000 Fazenda Letreiro	Rio Uberabinha	MG	777	<b>15,2</b>
<b>EF21</b>	60615000 Fazenda Cachoeira	Rio Pouso Alegre	MG	195	<b>4,5</b>
<b>EF22</b>	60835000 Fazenda Paraíso	Rio Tijuco	MG	1510	<b>32,0</b>
<b>EF23</b>	60845000 Ituiutaba	Rio Tijuco	MG	6310	<b>110,1</b>

Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

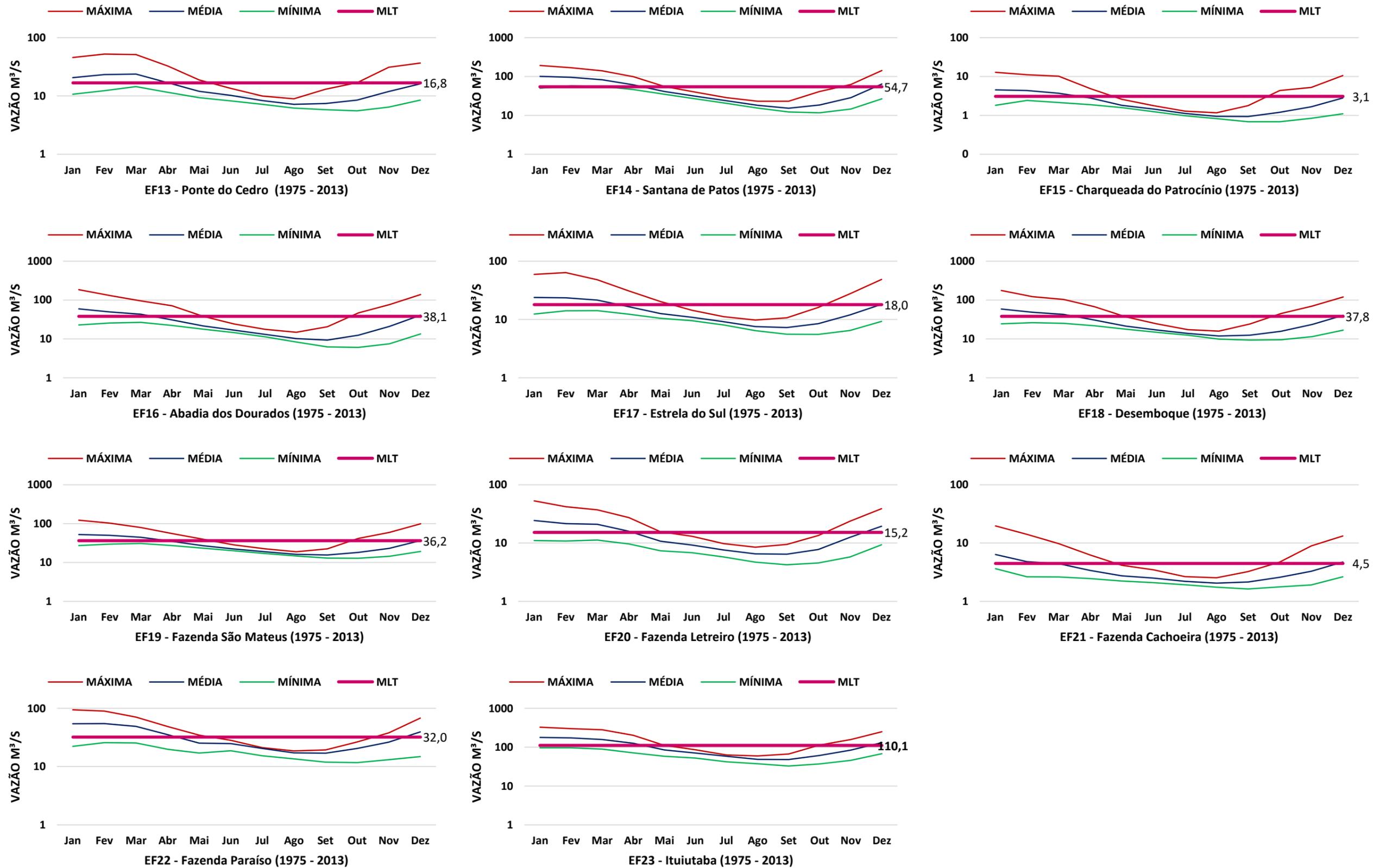
A análise das curvas de vazões médias em cada estação fluviométrica indicou o início do período seco em meados de abril, embora vale ressaltar que a estação fluviométrica EF21 Fazenda Cachoeira no rio Pouso Alegre apresentou o início do período seco em março. Mas, contudo, todas as estações fluviométricas apresentaram o fim do período seco em meados de novembro, quando chega próximo a primeira semana de dezembro, conforme pode ser observado nas figuras 40 e 41.

Figura 40 - Curvas da vazão mínima, média e máxima no período de 1975 a 2013 das Estações Fluviométricas EF01 até a EF012 da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

Figura 41 - Curvas da vazão mínima, média e máxima no período de 1975 a 2013 das Estações Fluviométricas EF13 até a EF23 da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

### 5.9 Cenário tendencial nos Regimes de Vazão.

Ao observar os gráficos apresentados nas figuras 42 até a figura 45, pode-se constatar a presença de reduções gradativas nos regimes de vazões e, portanto, tendem a indicar possíveis correlações com as dinâmicas comportamentais que envolvem as classes de uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Então, sendo assim, se possa assegurar que ocorram uma exploração um tanto quanto eficaz acerca das análises dos cenários tendenciais, os resultados foram avaliados para o nível de significância de 5%.

O método de Mann-Kendall, ainda contou com a tabela 34, que foi elaborada visando auxiliar na classificação dos cenários tendências, tendo por base as variações ocasionadas na escala das tendências.

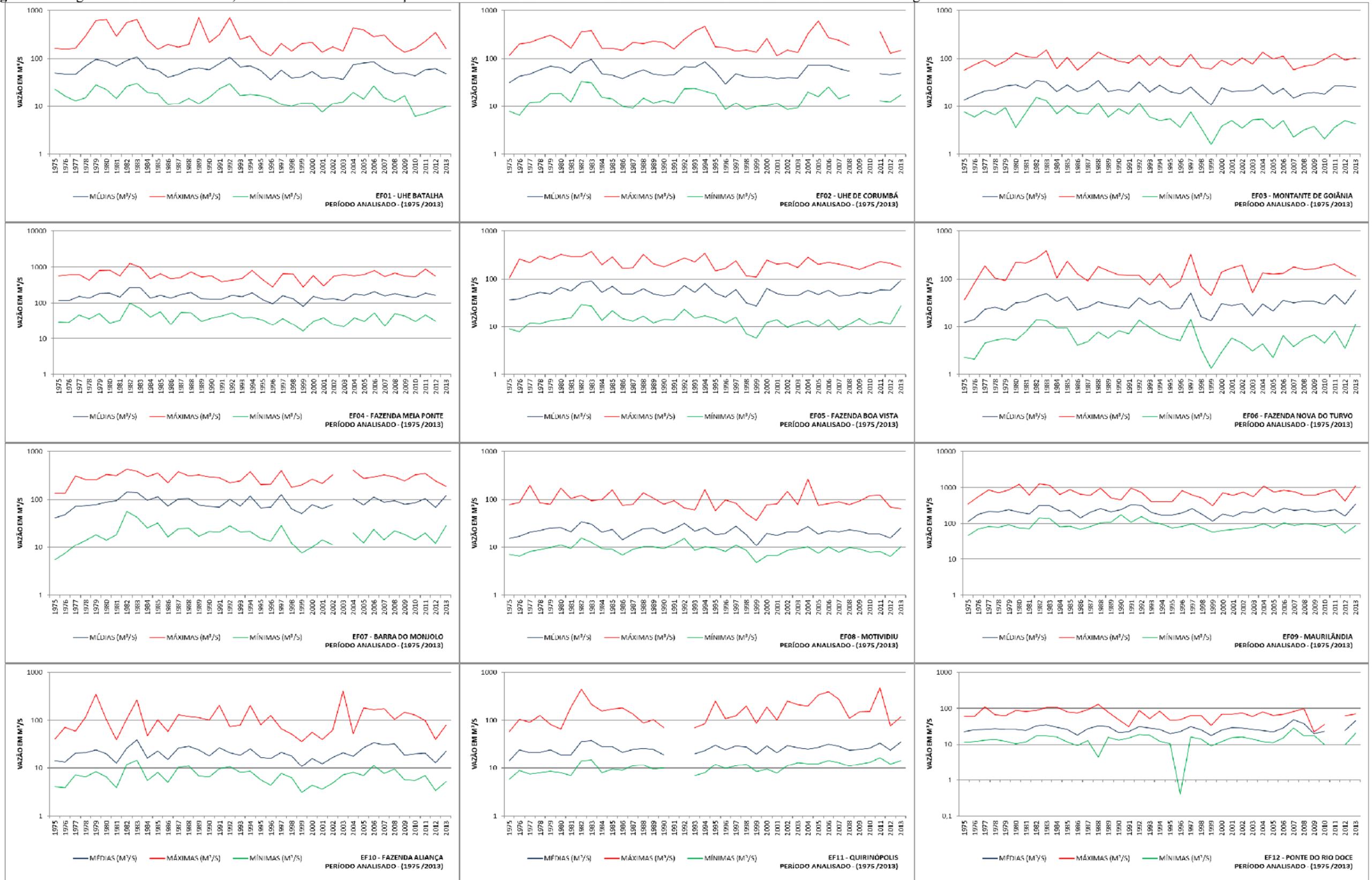
**Tabela 34** - Classificação do índice de tendencial do teste de Mann-Kendall.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO
TSA	Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ )
TNSA	Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ )
ST	Tendência Nula ou Sem Tendência (0)
TNSQ	Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ )
TSQ	Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

Fonte: Silva. G. C (2017).

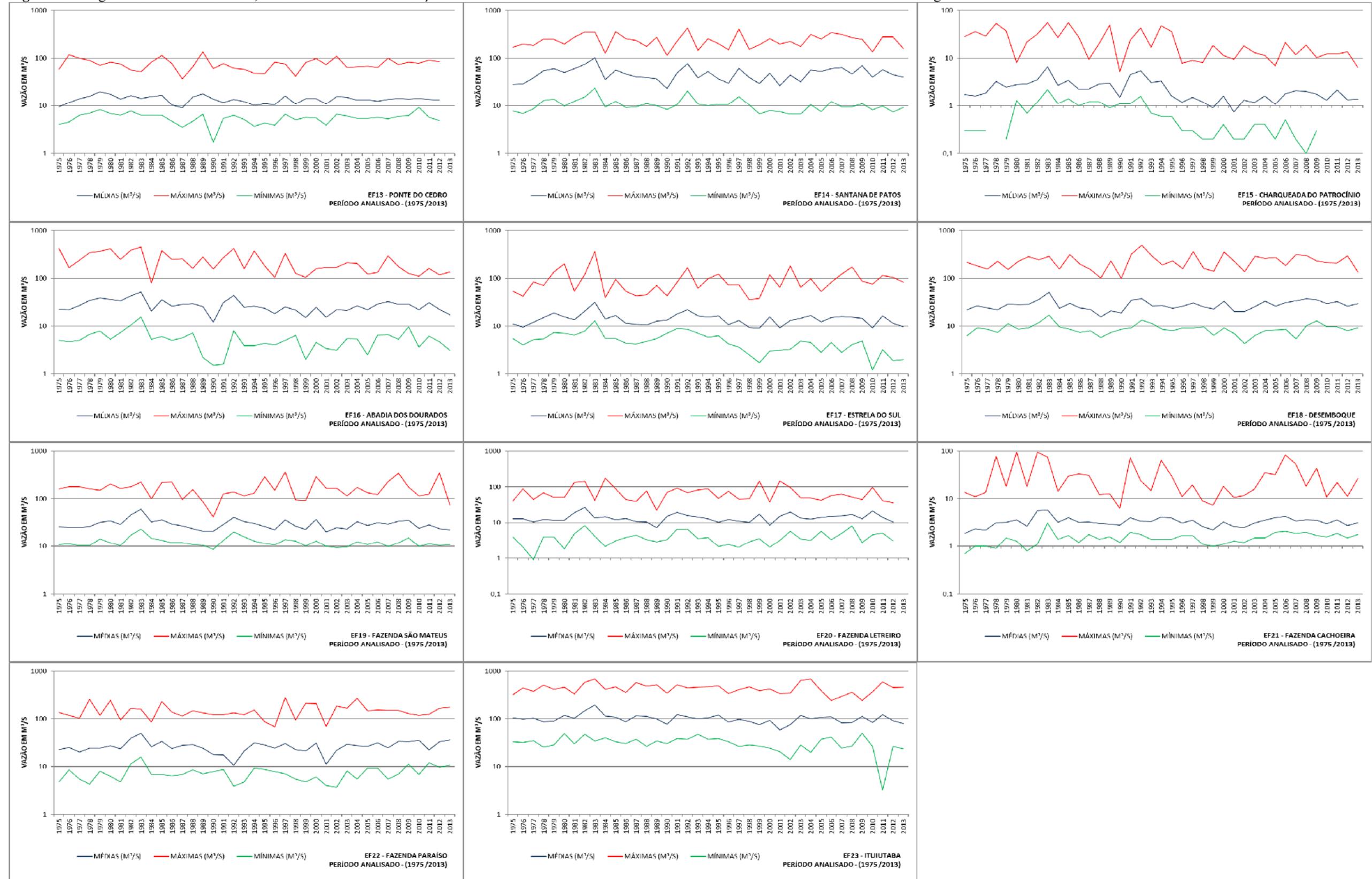
Destaca-se que de acordo com Hamed (2008), quanto a aplicação do método proposto por Mann-Kendall, este sim é o mais apropriado para detecção de tendências de séries temporais hidrológicas.

Figura 42 - Registro de Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Estações Fluviométricas de EF01 a EF12 durante o Período de 1975 a 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



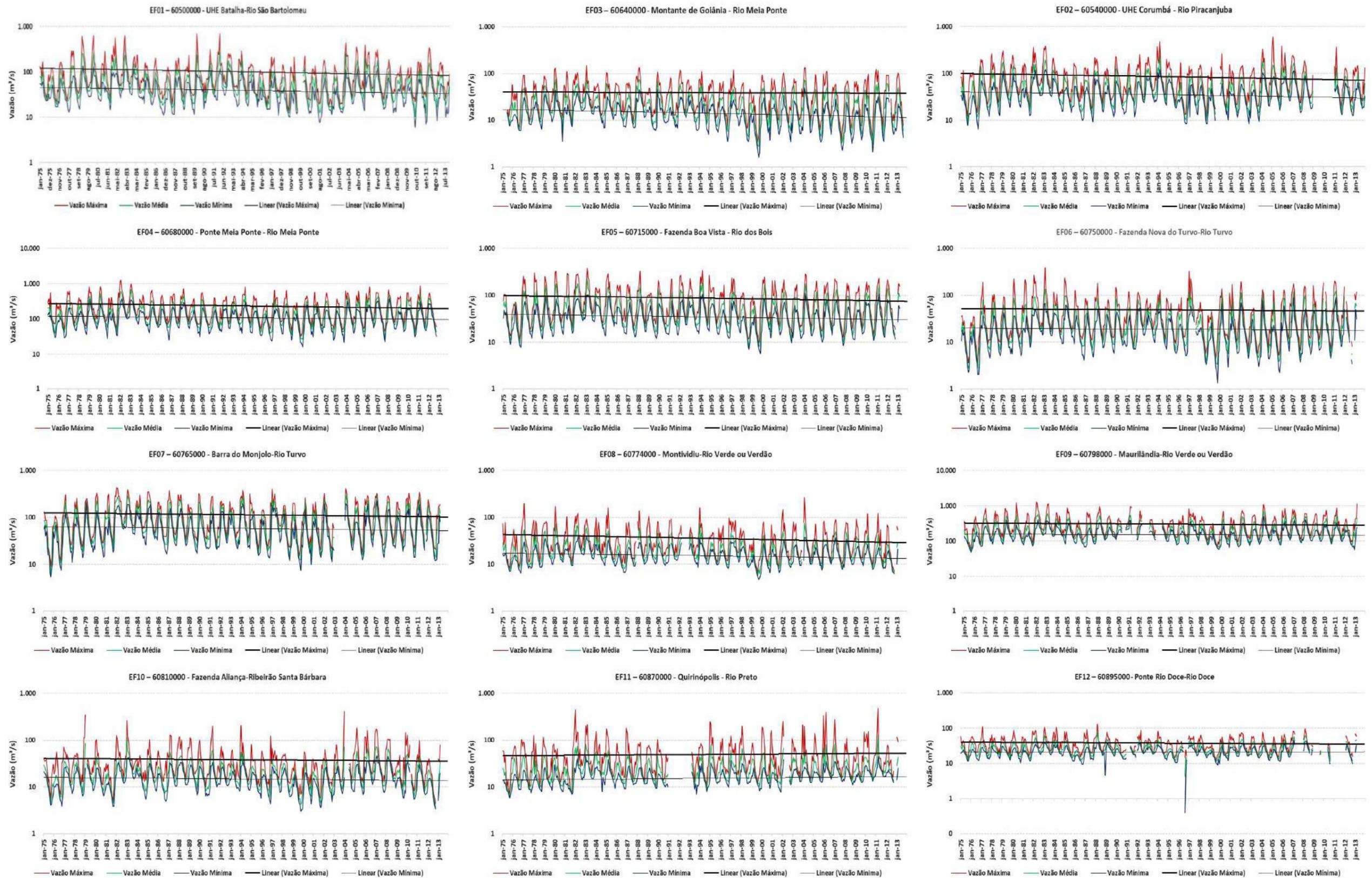
Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

**Figura 43 - Registro de Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Estações Fluviométricas de EF13 a EF23 durante o Período de 1975 a 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.**



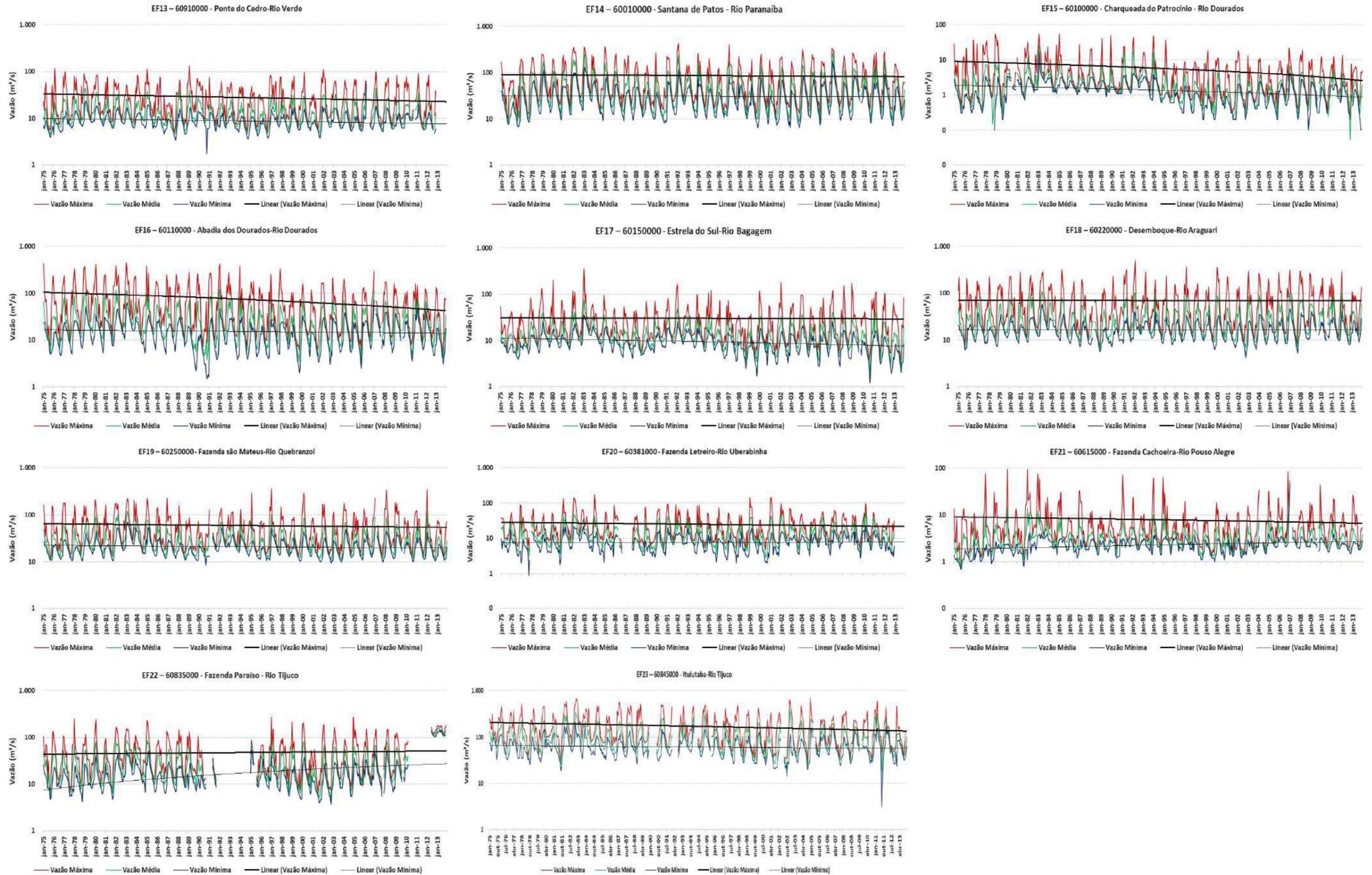
Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

**Figura 44** - Registro das Vazões Máximas, Médias e Mínimas Diárias das Estações Fluviométricas de EF01 a EF12 durante o Período de 1975 a 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

**Figura 45 -** Registro das Vazões Máximas, Médias e Mínimas Diárias das Estações Fluviométricas de EF13 a EF23 durante o Período de 1975 a 2013 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



Fonte: ANA/Hidroweb (2016). Org. Silva. G. C (2017).

### 5.9.1 Cenário tendencial da vazão de máxima no período de 1975 a 2013

É de suma importância destacar a existência ou não do cenário tendencial para o regime de vazão máxima na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, embora, visto que a bacia hidrográfica vem sendo alterada nestes 38 anos que a base de dados engloba. Para tanto, foi aplicado o teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, que identificou tendências nas seguintes estações fluviométricas EF05 Fazenda Boa Vista no rio dos Bois, EF15 Charqueada do Patrocínio no rio Dourados e EF16 Abadia dos Dourados no rio Dourados, onde ambas apresentaram tendência negativa e a estação fluviométrica EF11 Quirinópolis no rio Preto, com tendência significativa de aumento.

Conforme representado na tabela 35, é perceptível a presença de índices negativos e positivos para o conjunto de estações fluviométricas estudadas embora o teste de Mann-Kendall aponta devido a sensibilidade do método somente as quatro estações fluviométricas destacadas anteriormente.

**Tabela 35** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima no período de 1975 a 2013.

Estação	Curso Fluvial	Tau de Kendall	p-Valor	Inclinação de Sen	Z.	Tendência
EF01	Rio São Bartolomeu	-0,118	0,351	-1,125	-1,041	TNSQ
EF02	Rio Piracanjuba	-0,065	0,493	-0,679	-0,549	TNSQ
EF03	Rio Meia Ponte	0,034	0,772	0,133	0,29	TNSA
EF04	Rio Meia Ponte	-0,049	0,741	-0,667	-0,415	TNSQ
<b>EF05</b>	<b>Rio dos Bois</b>	<b>-0,23</b>	<b>0,041</b>	<b>-2</b>	<b>-2,045</b>	<b>TSQ</b>
EF06	Rio Turvo	0,053	0,646	0,615	0,46	TNSA
EF07	Rio Turvo	-0,042	0,725	-0,385	-0,352	TNSQ
EF08	Rio Verde ou Verdão	-0,162	0,15	-0,535	-1,44	TNSQ
EF09	Rio Verde ou Verdão	-0,015	0,882	-0,296	-0,121	TNSQ
EF10	Ribeirão Santa Bárbara	0,012	0,923	0,087	0,097	TNSA
<b>EF11</b>	<b>Rio Preto</b>	<b>0,236</b>	<b>0,009</b>	<b>2,092</b>	<b>2,04</b>	<b>TSA</b>
EF12	Rio Doce	-0,175	0,125	-0,594	-1,534	TNSQ
EF13	Rio Verde	0,029	0,831	0,079	0,239	TNSA
EF14	Rio Paranaíba	0,059	0,603	0,583	0,52	TNSA
<b>EF15</b>	<b>Rio Dourados</b>	<b>-0,364</b>	<b>0,001</b>	<b>-0,652</b>	<b>-3,243</b>	<b>TSQ</b>
<b>EF16</b>	<b>Rio Dourados</b>	<b>-0,376</b>	<b>0,001</b>	<b>-5,304</b>	<b>-3,352</b>	<b>TSQ</b>
EF17	Rio Bagagem	0,133	0,24	0,646	1,174	TNSA
EF18	Rio Araguari	0,084	0,461	0,583	0,738	TNSA
EF19	Rio Quebra-anzol	-0,035	0,762	-0,308	-0,303	TNSQ
EF20	Rio Uberabinha	-0,097	0,4	-0,25	-0,842	TNSQ
EF21	Rio Pouso Alegre	-0,057	0,541	-0,079	-0,496	TNSQ
EF22	Rio Tijuco	0,077	0,498	0,345	0,678	TNSA
EF23	Rio Tijuco	-0,1	0,377	-1,615	-0,883	TNSQ

**Observação:** Os números em negrito foram destacados pelo teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, TSA - Tendência significativa de Aumento (>1,96), TNSA - Tendência não significativa de Aumento (<1,96), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda (<-1,96), TSQ - Tendência significativa de queda (>-1,96)

**Fonte:** ANA/Hidroweb (2016). **Org.** Silva. G. C (2017).

Deve-se prestar atenção, para as estações fluviométricas que apresentaram tendência, os valores referentes ao Z possuem valores positivos acima de 1,96 e negativos acima de -1,96, ou seja, manteve-se preservado o nível de significância proposto no método de Mann-Kendall. Percebe-se também que os valores maiores também fazem referência às inclinações de Sen, portanto, pode-se constatar que os maiores valores estão correspondendo as estações que apresentaram cenários tendenciais e, portanto, vem então a comprovar a veracidade do método de Mann-Kendall.

Os dados correspondentes ao período de 1975 a 2013, nota-se que aproximadamente 48% encontram-se na categoria TNSQ com 11 registros, seguidos por 8 registros indicando um percentual de 35% na categoria TNSA. Vale destacar que para o período analisado não houve nenhum registro nulo apresentando somente um registro na categoria TSA vindo a representar percentualmente 4% e com 3 registros na categoria TSQ indicando um percentual de 13%, sendo assim veio então a totalizar 23 estações fluviométricas avaliadas no regime de vazão máxima, conforme apresentado na também tabela 36.

**Tabela 36** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classificação percentual do índice tendencial do método de Mann-Kendall 1975 - 2013.

<b>CÓDIGO</b>	<b>FREQUÊNCIA ABSOLUTA</b>	<b>FREQUÊNCIA RELATIVA</b>
<b>TSA</b>	1	4%
<b>TNSA</b>	8	35%
<b>ST</b>	0	0%
<b>TNSQ</b>	11	48%
<b>TSQ</b>	3	13%
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>

Fonte: Silva. G. C (2017).

### **5.9.1.1 Cenário tendencial da Vazão de Máxima no subperíodo de 1975 a 1985**

Com a aplicação do método de Mann-Kendall, buscou analisar o cenário tendencial para o regime de vazão máxima no período de 1975 a 1985, ressalta-se que se optou em fragmentar o período total de 1975 a 2013, em subperíodos sendo estes compreendidos entre os anos de 1975 a 1985, 1985 a 2003 e 2003 a 2013, visando assim identificar possíveis omissões de tendências que não viriam a ser identificadas devido a extensão da série histórica.

Aplicando o método de Mann-Kendall para o subperíodo de 1975 a 1985, tratando-se então de um série histórica de apenas 11 anos amostrais, pode-se constatar a presença de tendências nas estações fluviométricas EF06 Fazenda Nova do Turvo no rio Turvo, EF07 Fazenda Barra do Monjolo situada também no rio Turvo, EF14 Santana de Patos no Rio Paranaíba, com tendência significativa de aumento e as estações fluviométricas EF11

Quirinópolis no Rio Preto e EF18 Desemboque no rio Araguari que apresentaram tendência não significativa de aumento. Destaca-se que a única estação fluviométrica que veio a repetir em comparação ao período de 1975 a 2013 foi a estação EF11 Quirinópolis no Rio Preto, embora, no período anterior à estação fluviométrica EF11 Quirinópolis no Rio Preto apresentou tendência significativa de aumento e no período de 1975 a 1985 veio a apresentar tendência não significativa de aumento.

Pode-se observar também, que somente duas estações fluviométricas apresentaram dados tendenciais negativos, que foram as estações de EF13 Ponte do Cedro localizada no rio Verde e a estação fluviométrica EF22 Fazenda Cachoeira situada no rio Tijucu, apresentaram o cenário tendencial de tendência não significativa de queda.

**Tabela 37** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima no subperíodo de 1975 a 1985.

<b>Estação</b>	<b>Curso Fluvial</b>	<b>Tau de Kendall</b>	<b>p-Valor</b>	<b>Inclinação de Sen</b>	<b>Z.</b>	<b>Tendência</b>
EF01	Rio São Bartolomeu	0,187	0,48	10,875	0,707	TNSA
EF02	Rio Piracanjuba	0,236	0,35	8,333	0,934	TNSA
EF03	Rio Meia Ponte	0,382	0,119	5,133	1,557	TNSA
EF04	Rio Meia Ponte	0,236	0,35	24	0,934	TNSA
EF05	Rio dos Bois	0,236	0,35	12	0,934	TNSA
<b>EF06</b>	<b>Rio Turvo</b>	<b>0,6</b>	<b>0,013</b>	<b>22</b>	<b>2,491</b>	<b>TSA</b>
<b>EF07</b>	<b>Rio Turvo</b>	<b>0,55</b>	<b>0,024</b>	<b>22,5</b>	<b>2,265</b>	<b>TSA</b>
EF08	Rio Verde ou Verdão	0,273	0,276	2,5	1,09	TNSA
EF09	Rio Verde ou Verdão	0,382	0,119	48,333	1,557	TNSA
EF10	Ribeirão Santa Bárbara	0,147	0,585	3,556	0,547	TNSA
<b>EF11</b>	<b>Rio Preto</b>	<b>0,455</b>	<b>0,062</b>	<b>15</b>	<b>1,868</b>	<b>TNSA</b>
EF12	Rio Doce	0,404	0,101	3,914	1,64	TNSA
EF13	Rio Verde	-0,2	0,436	-2,486	-0,778	TNSQ
<b>EF14</b>	<b>Rio Paranaíba</b>	<b>0,491</b>	<b>0,043</b>	<b>19</b>	<b>2,024</b>	<b>TSA</b>
EF15	Rio Dourados	0,164	0,533	0,514	0,623	TNSA
EF16	Rio Dourados	0,127	0,64	4,857	0,467	TNSA
EF17	Rio Bagagem	0,236	0,35	5,889	0,934	TNSA
<b>EF18</b>	<b>Rio Araguari</b>	<b>0,455</b>	<b>0,062</b>	<b>10,667</b>	<b>1,868</b>	<b>TNSA</b>
EF19	Rio Quebra-anzol	0,208	0,43	3	0,79	TNSA
EF20	Rio Uberabinha	0,345	0,161	6,05	1,401	TNSA
EF21	Rio Pouso Alegre	0,33	0,184	1,64	1,327	TNSA
EF22	Rio Tijucu	-0,055	0,876	-2,275	-0,156	TNSQ
EF23	Rio Tijucu	0,367	0,138	19,75	1,484	TNSA

**Observação:** Os números em negrito foram destacados pelo teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

Analisando os dados referentes ao período de 1975 a 1985, percebe-se que aproximadamente 78% dos dados encontram-se na categoria TNSA, com 18 registros, sendo seguidos por 3 registros representando 13% na categoria TSA, e 2 registros no indicador TNSQ indicando 9%.

Ressalta-se que durante o período analisado não ocorreu nenhum registro nulo ou referente ao indicador TSQ e sendo assim, completou-se totalizando as 23 estações fluviométricas, sendo avaliadas para o regime de vazão máxima durante o período de 1975 a 1985 conforme contemplados na tabela 37.

**Tabela 38** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classificação percentual do índice tendencial do método de Mann-Kendall 1975-1985.

<b>CÓDIGO</b>	<b>FREQUÊNCIA ABSOLUTA</b>	<b>FREQUÊNCIA RELATIVA</b>
<b>TSA</b>	3	13%
<b>TNSA</b>	18	78%
<b>ST</b>	0	0%
<b>TNSQ</b>	2	9%
<b>TSQ</b>	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>

Fonte: Silva. G. C (2017).

### 5.9.1.2 Cenário tendencial da Vazão Máxima no subperíodo de 1985 a 2003

Neste contexto buscou também identificar o cenário tendencial de vazão máxima para o subperíodo de 1985 a 2003, o que permitiu contemplar então que este subperíodo obteve resultados completamente opostos ao subperíodo de 1975 a 1985, pois veio apresentando mais valores de Z negativos.

Com a aplicação estatística do método de Mann-Kendall, foi possível identificar tendência somente para estação fluviométrica EF21 Fazenda Letreiro situada no rio Pouso Alegre, e também conforme pode-se observar na tabela 39, ocorreu a presença de registros nulos ou sem tendência, que se aplicaram as estações fluviométricas de EF13 Ponte do Cedro presente no rio Verde e EF18 Desemboque localizado no rio Araguari.

Analisando sinteticamente os dados pertencentes ao subperíodo de 1985 a 2003, percebe-se que aproximadamente 78% dos registros encontram-se na categoria TNSQ, totalizando 18 registros, e apenas 3 registros indicando um percentual de 13% estão na categoria TNSA, e com 2 registros representando percentualmente 9% presentes na categoria ST. Ressalta-se que durante o período analisado não houveram nenhum registro relacionados as categorias TSQ e TSA.

**Tabela 39** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima no subperíodo de 1985 a 2003.

Estação	Curso Fluvial	Tau de Kendall	p-Valor	Inclinação de Sen	Z.	Tendência
EF01	Rio São Bartolomeu	-0,201	0,109	-2,667	-1,157	TNSQ
EF02	Rio Piracanjuba	-0,275	0,108	-3,929	-1,609	TNSQ
EF03	Rio Meia Ponte	-0,146	0,401	-1,409	-0,84	TNSQ
EF04	Rio Meia Ponte	-0,094	0,6	-5,133	-0,525	TNSQ
EF05	Rio dos Bois	-0,146	0,401	-2,75	-0,84	TNSQ
EF06	Rio Turvo	-0,205	0,234	-3,583	-1,19	TNSQ
EF07	Rio Turvo	-0,283	0,111	-6,875	-1,593	TNSQ
EF08	Rio Verde ou Verdão	-0,206	0,234	-1,733	-1,191	TNSQ
EF09	Rio Verde ou Verdão	-0,188	0,278	-12	-1,085	TNSQ
EF10	Ribeirão Santa Bárbara	-0,263	0,124	-3,84	-1,539	TNSQ
EF11	Rio Preto	0,191	0,303	2,556	1,03	TNSQ
EF12	Rio Doce	-0,211	0,22	-1,027	-1,225	TNSQ
EF13	Rio Verde	0	1	0	0	ST
EF14	Rio Paranaíba	-0,176	0,15	-3,2	-1,015	TNSQ
EF15	Rio Dourados	-0,27	0,115	-0,925	-1,575	TNSQ
EF16	Rio Dourados	-0,241	0,062	-5,778	-1,401	TNSQ
EF17	Rio Bagagem	0,124	0,484	1,347	0,701	TNSA
EF18	Rio Araguari	0	1	0	0	ST
EF19	Rio Quebra-anzol	0,082	0,649	1,144	0,455	TNSA
EF20	Rio Uberabinha	0,129	0,267	0,58	0,735	TNSA
<b>EF21</b>	<b>Rio Pouso Alegre</b>	<b>-0,293</b>	<b>0,086</b>	<b>-0,9</b>	<b>-1,715</b>	<b>TNSQ</b>
EF22	Rio Tijuco	-0,023	0,916	-0,833	-0,105	TNSQ
EF23	Rio Tijuco	-0,235	0,172	-5,417	-1,365	TNSQ

**Observação:** Os números em negrito foram destacados pelo teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, TSA - Tendência significativa de Aumento (>1,96), TNSA - Tendência não significativa de Aumento (<1,96), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda (<-1,96), TSQ - Tendência significativa de queda (>-1,96)

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

**Tabela 40** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classificação percentual índice tendencial do teste de Mann-Kendall 1985-2003.

CÓDIGO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA
TSA	0	0%
TNSA	3	13%
ST	2	9%
TNSQ	18	78%
TSQ	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

### 5.9.1.3 Cenário tendencial da vazão máxima no subperíodo de 2003 a 2013

Contudo, com a aplicabilidade do método de Mann-Kendall, sendo de extrema importância destacar o cenário tendencial para o subperíodo de 2003 a 2013 conforme exibido na tabela 41, onde foi possível detectar algumas particularidades destacando as estações fluviométricas de EF10 Fazenda Aliança localizada no ribeirão Santa Bárbara que apresentou

tendência significativa de queda, e a estação fluviométrica EF13 Ponte do Cedro situada no rio Verde que indicou tendência significativa de aumento e em um conjunto de 23 estações.

Com a aplicação do método de Mann-Kendall foi possível detectar que as estações fluviométricas EF02 UHE Corumbá situada no rio Piracanjuba, EF12 Ponte do Rio Doce localizada no rio Doce, EF23 Ituiutaba presente no rio Tijuco, apresentaram estatisticamente sem registro de tendência.

**Tabela 41** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima no subperíodo de 2003 a 2013.

Estação	Curso Fluvial	Tau de Kendall	p-Valor	Inclinação de Sen	Z.	Tendência
EF01	Rio São Bartolomeu	-0,236	0,350	-11,500	-0,934	TNSQ
EF02	Rio Piracanjuba	-0,278	0,348	-18,929	0,000	ST
EF03	Rio Meia Ponte	0,055	0,876	1,811	0,156	TNSA
EF04	Rio Meia Ponte	-0,156	0,592	-2,000	-0,537	TNSQ
EF05	Rio dos Bois	-0,091	0,755	-1,833	-0,311	TNSQ
EF06	Rio Turvo	0,345	0,161	6,500	1,401	TNSA
EF07	Rio Turvo	-0,341	0,207	-12,250	-1,262	TNSQ
EF08	Rio Verde ou Verdão	-0,091	0,755	-1,122	-0,311	TNSQ
EF09	Rio Verde ou Verdão	0,073	0,815	1,200	0,234	TNSA
<b>EF10</b>	<b>Ribeirão Santa Bárbara</b>	<b>-0,564</b>	<b>0,020</b>	<b>-15,333</b>	<b>-2,335</b>	<b>TSQ</b>
EF11	Rio Preto	-0,273	0,276	-10,333	-1,090	TNSQ
EF12	Rio Doce	0,022	1,000	0,200	0,000	ST
<b>EF13</b>	<b>Rio Verde</b>	<b>0,584</b>	<b>0,025</b>	<b>2,750</b>	<b>2,245</b>	<b>TSA</b>
EF14	Rio Paranaíba	-0,183	0,482	-5,714	-0,703	TNSQ
EF15	Rio Dourados	-0,073	0,815	-0,113	-0,234	TNSQ
EF16	Rio Dourados	-0,345	0,015	-6,286	-1,401	TNSQ
EF17	Rio Bagagem	0,183	0,482	2,200	0,703	TNSA
EF18	Rio Araguari	-0,309	0,213	-10,000	-1,246	TNSQ
EF19	Rio Quebra-anzol	0,037	0,938	0,600	0,078	TNSA
EF20	Rio Uberabinha	-0,200	0,474	-0,929	-0,716	TNSQ
EF21	Rio Pouso Alegre	-0,200	0,436	-1,700	-0,778	TNSQ
EF22	Rio Tijuco	-0,200	0,436	-4,000	-0,778	TNSQ
EF23	Rio Tijuco	0,000	1,000	0,000	0,000	ST

**Observação:** Os números em negrito foram destacados pelo teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )  
**Fonte:** Silva. G. C (2017).

A análise dos dados, constatou que aproximadamente 57% dos dados encontram-se na categoria TNSQ totalizando 13 registros e, por conseguinte, encontram-se 5 registros representando 22% localizados na categoria TNSA, posteriormente com índice percentual de 13% encontra-se a categoria ST totalizando 3 ocorrências.

Conforme representado na tabela 42, com apenas 1 registro encontram-se as categorias TSA e TSQ.

**Tabela 42** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classificação percentual índice tendencial do teste de Mann-Kendall 2003-2013.

CÓDIGO	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA
TSA	1	4%
TNSA	5	22%
ST	3	13%
TNSQ	13	57%
TSQ	1	4%
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>

Fonte: Silva. G. C (2017).

### 5.9.2 Cenário tendencial da Vazão Média no período de 1975 a 2013

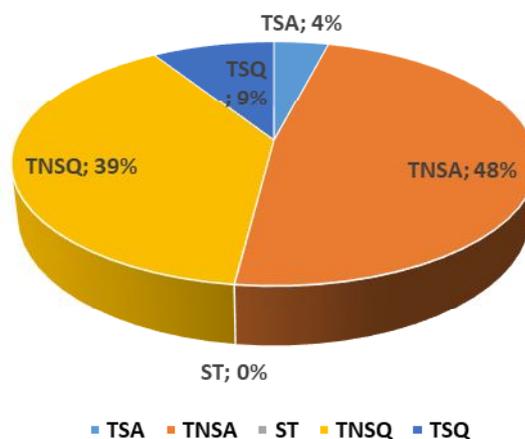
Buscando compreender ainda mais o contexto dos cenários tendenciais dentro dos regimes de vazão da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, optou-se em aplicar o método de Mann-Kendall também para os regimes de vazão média e mínima. Para tanto, adotou-se a divisão temporo-espacial utilizada na análise do regime de vazão máxima, analisando assim o período completo de 1975 a 2013 e, portanto, depois vindo a analisar os subperíodos compreendidos entre os anos de 1975 a 1985, 1985 a 2003 e 2003 a 2013, objetivando sempre detectar possíveis cenários tendenciais não revelados estatisticamente devido a escala temporal de 38 anos totais da amostragem.

Sendo assim, com a aplicação estatística proposta pelo método de Mann-Kendall para o regime de vazão média, contemplando o período de 1975 a 2013, foi possível a constatação de cenários tendenciais nas estações fluviométricas de EF11 Quirinópolis localizada no rio Preto que indicou tendência significativa de aumento (TSA), seguida pelas estações fluviométricas de EF15 Charqueada do Patrocínio e EF16 Abadia dos Dourados ambas localizadas no rio Dourados apresentando tendência significativa de queda (TSQ).

O teste destaca-se apresentando ainda com tendência mais duas estações fluviométricas, sendo elas, a estação fluviométrica EF22 Fazenda Paraíso situada no rio Tijucu com tendência não significativa de aumento (TNSA) e a estação fluviométrica EF23 Fazenda Ituiutaba também localizada no rio Tijucu apresentando tendência não significativa de queda (TNSQ). Com relação aos índices percentuais correspondentes as categorias classificatórias observadas através do método de Mann-Kendall, obtiveram-se os seguintes índices conforme apresentados também na tabela 43 e no gráfico 12, com destaque para as categorias TNSA e TNSQ que apresentaram 48% e 39%, sendo estes os maiores índices para o período de 1975 a 2013.

**Gráfico 12** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão média para o período de 1975 a 2013 através do teste de Mann-Kendall.

**CATEGORIZAÇÃO DO CENÁRIO TENDENCIAL - 1975 / 2013**



TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

### 5.9.2.1 Cenário tendencial da Vazão Média no subperíodo de 1975 a 1985

Neste contexto, busca-se também avaliar possíveis cenários tendenciais para o subperíodo de 1975 a 1985, e com a utilização do método de Mann-Kendall foi possível destacar algumas particularidades, como a constatação dos altos índices de tendências positivas observadas no período analisado.

Sendo assim, através da estatística do método de Mann-Kendall destacou-se as estações fluviométricas EF03 Montante de Goiânia localizada no rio Meia Ponte, EF05 Fazenda Boa Vista no rio dos Bois, EF06 Fazenda Nova do Turvo e EF07 Barra do Monjolo localizadas no rio Turvo, EF14 Santana de Patos situada no Paranaíba, EF15 Charqueada do Patrocínio localizada no rio Dourados, EF17 Estrela do Sul no rio Bagagem, EF19 Fazenda são Mateus situada no rio Quebra-anzol, EF21 Fazenda Cachoeira situada no rio Pouso Alegre e EF22 Fazenda Paraíso localizada no rio Tijuco onde ambas foram categorizadas com o indicador (TSA) indicando tendência significativa de aumento.

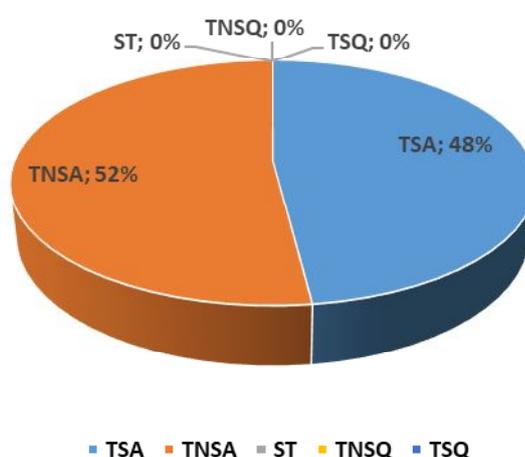
A aplicabilidade do teste de Mann-Kendall, apontou também tendência as estações fluviométricas de EF04 Ponte Meia Ponte localizada no rio Meia Ponte, EF08 Montividiu no rio Verde, EF09 Maurilândia também situada no rio Verde, EF11 Quirinópolis situada no rio Preto, EF12 Ponte Rio Doce no rio Doce e a estação fluviométrica EF18 Desemboque localizada no rio Araguari, ambas caracterizadas na categoria (TNSA), que indica tendência

não significativa de aumento conforme pode-se analisar na tabela 43, e através do gráfico 13.

A análise dos índices percentuais, correspondentes as categorias classificatórias, apontam os seguintes índices, conforme apresentados também na tabela 43 e com destaque para as categorias TSA e TNSA, que apresentaram os índices percentuais de 48% e 52%, sendo assim, os maiores índices percentuais destacados para o subperíodo de 1975 a 1985.

**Gráfico 13** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão média para o subperíodo de 1975 a 1985 através do teste de Mann-Kendall.

**CATEGORIZAÇÃO DO CENÁRIO TENDENCIAL - 1975 / 1985**



TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

### 5.9.2.2 Cenário tendencial da Vazão Média no subperíodo de 1985 a 2003

O cenário tendencial de vazão média analisado no subperíodo de 1985 a 2003, reflete totalmente o oposto se comparado com o subperíodo de 1975 a 1985, pois vem apresentando tendências negativas quanto aos valores de Z, que foram contemplados mediante a método de Mann-Kendall.

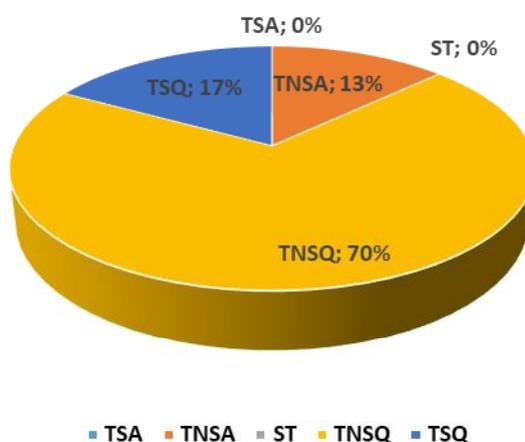
Com a aplicação estatística proposta pelo método de Mann-Kendall, destacou-se a presença de cenários tendenciais as seguintes estações fluviométricas que apresentaram índice de queda negativo, então caracterizadas pelo indicador (TSQ) tendência significativa de queda, no entanto, foram as estações fluviométricas de EF04 Ponte Meia Ponte localizada no rio Meia Ponte, EF10 Fazenda Aliança situada no ribeirão Santa Bárbara, EF15 Charqueada do Patrocínio e EF16 Abadia dos Dourados ambas localizadas no rio Dourados.

Com o método de Mann-Kendall foi possível contemplar que as estações fluviométricas EF01 UHE Batalha localizada no rio São Bartolomeu e EF23 Ituiutaba situada no rio Tijuco foram categorizados pelo indicador (TNSQ) e apresentaram tendência não significativa de queda. Conforme também pode ser analisado na tabela 43, o método proposto por Mann-Kendall também permitiu verificar a presença de valores positivos somente para três estações fluviométricas EF11 Quirinópolis presente no rio Preto, EF13 Ponte do Cedro no rio Verde e EF20 Fazenda Letreiro localizada no rio Uberabinha, ressalta-se que para o subperíodo analisado de 1985 a 2003, embora as estações sejam as únicas que apresentam características positivas, as mesmas não foram caracterizadas com tendência através do método de Mann-Kendall.

Ressalta-se que as categorias apresentadas de acordo com o gráfico 14, sendo elas (ST) sem tendência e (TSA) tendência significativa de aumento, pelo método proposto de Mann-Kendall não apresentaram referência alguma para o presente período, sendo então descartadas durante o processo. Destacando assim, a representatividade percentual das categorias (TSQ) tendência significativa de queda e (TNSQ) tendência não significativa de queda que atingiram os índices percentuais de 17% e 70%, bem como as categorias com registro positivo (TNSA) tendência não significativa de aumento que totalizaram 3 registros indicando um índice percentual de 13%.

**Gráfico 14** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão média para o subperíodo de 1985 a 2003 através do teste de Mann-Kendall.

**CATEGORIZAÇÃO DO CENÁRIO TENDENCIAL - 1985 / 2003**



TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

Tabela 43 - Aplicabilidade do teste de Mann-Kendall para os registros de Vazão Média para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

ESTAÇÃO	Curso Fluvial	TESTE MANN-KENDALL VAZÃO MÉDIA (1975 – 2013)					TESTE MANN-KENDALL VAZÃO MÉDIA (1975 – 1985)					TESTE MANN-KENDALL VAZÃO MÉDIA (1985 – 2003)					TESTE MANN-KENDALL VAZÃO MÉDIA (2003 – 2013)				
		Tau de Kendall	p-Valor	Inclinação de Sen	Z	TD	Tau de Kendall	p-Valor	Inclinação de Sen	Z	TD	Tau de Kendall	p-Valor	Inclinação de Sen	Z	TD	Tau de Kendall	p-Valor	Inclinação de Sen	Z	TD
EF01	Rio São Bartolomeu	-0,169	0,134	-0,416	-1,5	TNSQ	0,236	0,35	2,45	0,934	TNSA	<b>-0,322</b>	<b>0,059</b>	<b>-1,124</b>	<b>-1,889</b>	TNSQ	-0,164	0,533	-2,067	-0,623	TNSQ
EF02	Rio Piracanjuba	-0,015	0,906	-0,055	-0,118	TNSQ	0,345	0,161	3,483	1,401	TNSA	-0,263	0,124	-0,538	-1,539	TNSQ	-0,333	0,251	-2,376	0	ST
EF03	Rio Meia Ponte	-0,106	0,351	-0,063	-0,932	TNSQ	<b>0,55</b>	<b>0,024</b>	<b>1,5</b>	<b>2,265</b>	TSA	-0,278	0,107	-0,329	-1,614	TNSQ	0,127	0,64	0,375	0,467	TNSA
EF04	Rio Meia Ponte	0,033	0,782	0,207	0,277	TNSA	<b>0,418</b>	<b>0,087</b>	<b>5,591</b>	<b>1,713</b>	TNSA	<b>-0,357</b>	<b>0,036</b>	<b>-2,296</b>	<b>-2,099</b>	TSQ	0,067	0,858	1,432	0,179	TNSA
EF05	Rio dos Bois	0,028	0,809	0,046	0,242	TNSA	<b>0,709</b>	<b>0,003</b>	<b>3,702</b>	<b>2,958</b>	TSA	-0,193	0,263	-0,71	-1,12	TNSQ	<b>0,418</b>	<b>0,087</b>	<b>1,564</b>	<b>1,713</b>	TNSA
EF06	Rio Turvo	0,182	0,105	0,201	1,621	TNSA	<b>0,782</b>	<b>0,001</b>	<b>3,204</b>	<b>3,27</b>	TSA	-0,158	0,363	-0,471	-0,91	TNSQ	<b>0,418</b>	<b>0,087</b>	<b>2,485</b>	<b>1,713</b>	TNSA
EF07	Rio Turvo	0,095	0,407	0,228	0,83	TNSA	<b>0,818</b>	<b>0,001</b>	<b>7,408</b>	<b>3,425</b>	TSA	-0,268	0,13	-1,053	-1,515	TNSQ	0,022	1	0,057	0	ST
EF08	Rio Verde ou Verdão	-0,088	0,439	-0,061	-0,774	TNSQ	<b>0,455</b>	<b>0,062</b>	<b>1,616</b>	<b>1,868</b>	TNSA	-0,123	0,484	-0,153	-0,7	TNSQ	-0,164	0,533	-0,302	-0,623	TNSQ
EF09	Rio Verde ou Verdão	0,063	0,578	0,491	0,556	TNSA	<b>0,455</b>	<b>0,062</b>	<b>11,628</b>	<b>1,868</b>	TNSA	-0,228	0,184	-2,889	-1,329	TNSQ	0,055	0,876	2,185	0,156	TNSA
EF10	Ribeirão Santa Bárbara	0,042	0,717	0,045	0,363	TNSA	0,309	0,213	1,054	1,246	TNSA	<b>-0,368</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,517</b>	<b>-2,169</b>	TSQ	-0,127	0,64	-0,529	-0,467	TNSQ
EF11	Rio Preto	<b>0,27</b>	<b>0,019</b>	<b>0,188</b>	<b>2,341</b>	TSA	<b>0,455</b>	<b>0,062</b>	<b>1,13</b>	<b>1,868</b>	TNSA	0,132	0,484	0,152	0,7	TNSA	0,127	0,64	0,329	0,467	TNSA
EF12	Rio Doce	-0,01	0,94	-0,004	-0,075	TNSQ	<b>0,309</b>	<b>0,213</b>	<b>0,588</b>	<b>1,246</b>	TNSA	-0,018	0,944	-0,022	-0,07	TNSQ	0,067	0,858	0,275	0,179	TNSA
EF13	Rio Verde	-0,098	0,393	-0,028	-0,855	TNSQ	0,382	0,119	0,518	1,557	TNSA	0,029	0,889	0,029	0,14	TNSA	0,022	1	0,006	0	ST
EF14	Rio Paranaíba	0,053	0,646	0,088	0,46	TNSA	<b>0,527</b>	<b>0,029</b>	<b>5,2</b>	<b>2,18</b>	TSA	-0,24	0,162	-0,687	-1,399	TNSQ	-0,091	0,755	-0,66	-0,311	TNSQ
EF15	Rio Dourados	<b>-0,312</b>	<b>0,005</b>	<b>-0,037</b>	<b>-2,782</b>	TSQ	<b>0,6</b>	<b>0,013</b>	<b>0,207</b>	<b>2,491</b>	TSA	<b>-0,474</b>	<b>0,005</b>	<b>-0,12</b>	<b>-2,799</b>	TSQ	0,164	0,533	0,022	0,623	TNSA
EF16	Rio Dourados	<b>-0,22</b>	<b>0,05</b>	<b>-0,221</b>	<b>-1,96</b>	TSQ	0,345	0,161	2,154	1,401	TNSA	<b>-0,485</b>	<b>0,004</b>	<b>-0,618</b>	<b>-2,869</b>	TSQ	0,055	0,876	0,056	0,156	TNSA
EF17	Rio Bagagem	-0,096	0,397	-0,041	-0,847	TNSQ	<b>0,527</b>	<b>0,029</b>	<b>0,805</b>	<b>2,18</b>	TSA	-0,158	0,363	-0,123	-0,91	TNSQ	-0,273	0,276	-0,429	-1,09	TNSQ
EF18	Rio Araguari	0,161	0,153	0,136	1,427	TNSA	<b>0,455</b>	<b>0,062</b>	<b>0,975</b>	<b>1,868</b>	TNSA	-0,029	0,889	-0,062	-0,14	TNSQ	0,018	1	0,018	0	ST
EF19	Rio Quebra-anzol	-0,088	0,439	-0,068	-0,774	TNSQ	<b>0,636</b>	<b>0,008</b>	<b>1,39</b>	<b>2,647</b>	TSA	-0,158	0,363	-0,273	-0,91	TNSQ	-0,2	0,436	-0,642	-0,778	TNSQ
EF20	Rio Uberabinha	0,112	0,327	0,043	0,981	TNSA	0,164	0,533	0,187	0,623	TNSA	0,076	0,675	0,081	0,42	TNSA	0,111	0,721	0,212	0,358	TNSA
EF21	Rio Pouso Alegre	0,107	0,345	0,009	0,944	TNSA	<b>0,636</b>	<b>0,008</b>	<b>0,238</b>	<b>2,647</b>	TSA	-0,275	0,108	-0,046	-1,609	TNSQ	-0,2	0,436	-0,048	-0,778	TNSQ
EF22	Rio Tijuco	<b>0,185</b>	<b>0,1</b>	<b>0,184</b>	<b>1,645</b>	TNSA	<b>0,491</b>	<b>0,043</b>	<b>1,109</b>	<b>2,024</b>	TSA	-0,082	0,649	-0,183	-0,455	TNSQ	0,345	0,161	0,762	1,401	TNSA
EF23	Rio Tijuco	<b>-0,198</b>	<b>0,077</b>	<b>-0,427</b>	<b>-1,766</b>	TNSQ	0,345	0,161	2,706	1,401	TSA	<b>-0,31</b>	<b>0,069</b>	<b>-1,561</b>	<b>-1,819</b>	TNSQ	-0,236	0,35	-2,248	-0,934	TNSQ

ÍNDICE DE FREQUÊNCIA - 1975 / 2013			ÍNDICE DE FREQUÊNCIA - 1975 / 1985			ÍNDICE DE FREQUÊNCIA - 1985 / 2003			ÍNDICE DE FREQUÊNCIA - 2003 / 2013		
CATEGORIA	ABSOLUTA	RELATIVA									
TSA	1	4%	TSA	11	48%	TSA	0	0%	TSA	0	0%
TNSA	11	48%	TNSA	12	52%	TNSA	3	13%	TNSA	11	48%
ST	0	0%	ST	0	0%	ST	0	0%	ST	4	17%
TNSQ	9	39%	TNSQ	0	0%	TNSQ	16	70%	TNSQ	8	35%
TSQ	2	9%	TSQ	0	0%	TSQ	4	17%	TSQ	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>									

**Observação:** Os números em negrito foram destacados pelo teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, TSA - Tendência significativa de Aumento (>1,96), TNSA - Tendência não significativa de Aumento (<1,96), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda (<-1,96), TSQ - Tendência significativa de queda (>-1,96)

Fonte: Silva. G. C (2017).

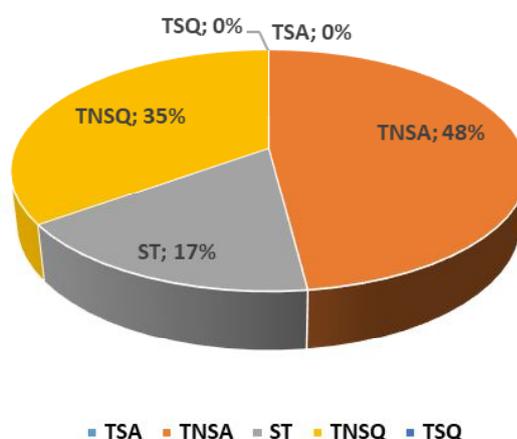
### 5.9.2.3 Cenário tendencial da Vazão Média no subperíodo de 2003 a 2013

Nos períodos de 2003 a 2013, propostos para a análise através do teste estatístico proposto pelo método de Mann-Kendall, conforme a representação proposta na tabela 43, que destaca cenários tendenciais presentes nas estações fluviométricas, EF05 Fazenda Boa Vista localizada no rio dos Bois, EF06 Fazenda Nova do Turvo situada no rio Turvo ambas foram categorizadas através do indicador de (TNSA) indicando tendência não significativa de aumento. O método de Mann-Kendall permitiu alguns apontamentos importantes para o subperíodo analisado de 2003 a 2013 como pode ser contemplado também na tabela 43, como consta a presença de estações fluviométricas categorizados como tendência nula, sendo elas as estações fluviométricas EF02 UHE Corumbá localizada no rio Piracanjuba, EF07 Barra do Monjolo situada no rio Turvo, EF13 Ponte do Cedro localizada no rio Verde, EF18 Desemboque sendo encontrada no rio Araguari.

A análise dos dados contidos na tabela 43 referentes ao subperíodo de 2003 a 2013, permitiu compreender que 48% dos dados encontram-se na categoria TNSA totalizando 11 registros, enquanto um total de 8 registros indicam percentualmente 35% encontram-se categoria TNSQ e posteriormente para o índice percentual de 13% na categoria ST com um total de 4 registros e as categorias TSA e TSQ não apresentaram nenhum registro conforme representado no gráfico 15.

**Gráfico 15** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão média para o subperíodo de 2003 a 2013 através do teste de Mann-Kendall.

**CATEGORIZAÇÃO DO CENÁRIO TENDENCIAL - 2003 / 2013**



TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

### 5.9.3 Cenário tendencial da Vazão Mínima no período de 1975 a 2013

Buscando compreender então o último contexto referente aos cenários tendenciais, que fazem referência aos regimes de vazão mínima para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, optou-se em aplicar o método de Mann-Kendall e, para tanto, adotou-se também a divisão temporo-espaçial utilizada também nas análises dos regimes de vazão máxima e média, sendo assim, buscou-se avaliar o período completo de 1975 a 2013 e, todavia, depois vindo a analisar os subperíodos de 1975 a 1985, 1985 a 2003 e 2003 a 2013.

Durante a caracterização do regime de vazão mínima contemplando o subperíodo de 1975 a 2013, conforme pode ser analisado na tabela 44, destacou pelo método de Mann-Kendall com tendência negativa as estações fluviométricas representadas pelo indicador (TSQ), que apontam tendência significativa de queda, sendo elas as estações EF01 UHE Batalha localizada no rio São Bartolomeu, EF03 Montante de Goiânia e EF04 Ponte Meia Ponte ambas situadas no rio Meia Ponte, EF11 Quirinópolis localizadas no rio Preto, EF17, Estrela do Sul situada no rio Bagagem, e a estação fluviométrica EF23Ituiutaba situada no rio Tijucu.

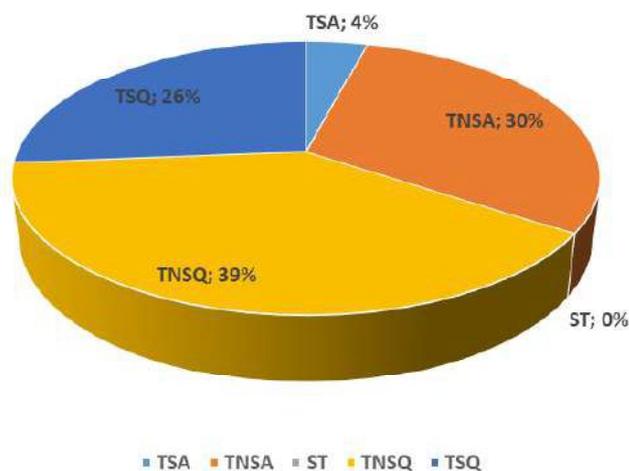
De acordo com o método de Mann-Kendall foram encontradas tendências para duas estações fluviométricas EF21 Fazenda Cachoeira no rio Pouso Alegre indicando tendência significativa de aumento, a outra indicando tendência não significativa de aumento EF14 Santana de Patos situada no Rio Paranaíba.

Com relação a análise das categorias e de suas ocorrências, as mesmas foram analisadas da seguinte forma, sendo constatada que a classe TSA possuía apenas 1 registro e com o índice percentual de 4%, para o indicador categórico TNSA apresentou 7 registros e indicou um índice percentual de 30%.

O método de Mann-Kendall aplicado estatisticamente constatou que com relação ao indicador ST, este não houve nenhuma ocorrência para o período analisado, sendo assim, os indicadores negativos representados pela categoria TNSQ apresentaram 9 registros, representando significativamente o maior índice percentual para as classes determinadas, atingindo 39% e findando o indicador TSQ apresentou 6 registros referindo-se ao índice percentual de 26%, conforme representado no gráfico 16 e na tabela 44:

**Gráfico 16** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão mínima para o período de 1975 a 2013 através do teste de Mann-Kendall.

CATEGORIZAÇÃO DO CENÁRIO TENDENCIAL DE VAZÃO MÍNIMA-1975/2013



TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

Fonte: Silva. G. C (2017).

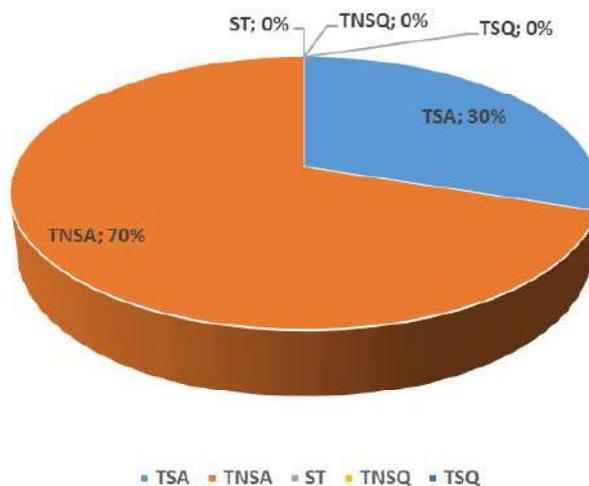
### 5.9.3.1 Cenário tendencial da Vazão Mínima no subperíodo de 1975 a 1985

A caracterização do cenário tendencial de vazão mínima para o subperíodo proposto de 1975 a 1985, de acordo com a tabela 44 e concomitante a aplicação do método de Mann-Kendall, foi possível encontrar cenários tendências nas estações fluviométricas que indicam tendência significativa de aumento representando 30% dos registros, sendo elas as estações, fluviométricas EF02 UHE Corumbá situada no rio Piracanjuba, EF05 Fazenda Boa Vista no rio dos Bois, EF06 Fazenda Nova do Turvo e EF07 Barra do Monjolo ambas localizadas no rio Turvo, EF08 Montividiu situada no rio Verde ou Verdão, EF15 Charqueada do Patrocínio localizada no rio Dourados e EF21 Fazenda Cachoeira rio Pouso Alegre.

Vale destacar que também foram encontradas tendências através do método de Mann-Kendall nas estações fluviométricas EF03 Montante de Goiânia e EF04 Ponte Meia Ponte presentes no rio Meia Ponte, EF09 Maurilândia situada no rio Verde, EF10 Fazenda Aliança localizada no ribeirão Santa Bárbara, EF13 Ponte do Cedro no rio Verde, EF14 Santana de Patos no Rio Paranaíba, EF16 Abadia dos Dourados no rio Dourados, EF17 Estrela do Sul no rio Bagagem e EF19 Fazenda São Mateus no rio Quebra-anzol que apresentaram tendência não significativa de aumento, que representou aproximadamente 70% dos registros tendenciais, onde as demais classes não apresentaram nenhum registro conforme exibe o gráfico 17.

**Gráfico 17** - Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão mínima para o subperíodo de 1975 a 1985 através do teste de Mann-Kendall.

CATEGORIZAÇÃO DO CENÁRIO TENDENCIAL DE VAZÃO MÍNIMA-1975/1985



TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

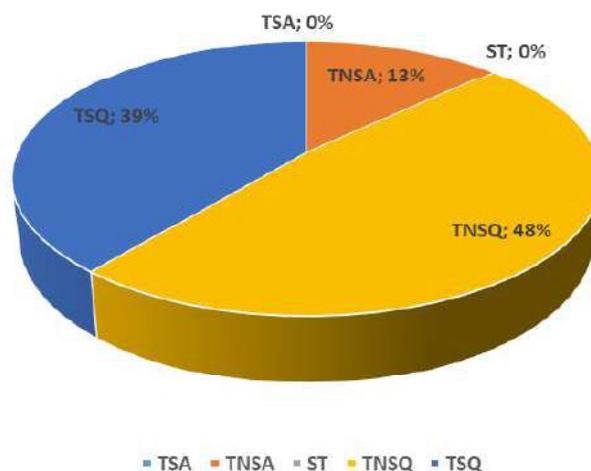
**Fonte:** Silva. G. C (2017).

### 5.9.3.2 Cenário tendencial da Vazão Mínima no subperíodo de 1985 a 2003

Quanto a análise do cenário tendencial referente ao regime de vazão mínima para o subperíodo de 1985 a 2003, conforme apresentado na tabela 44 e no gráfico 18, pela aplicabilidade estatística do método de Mann-Kendall, o mesmo apontou tendência para as estações pluviométricas de EF03 Montante de Goiânia e EF04 Ponte Meia Ponte ambas no rio Meia Ponte, EF05 Fazenda Boa Vista no rio dos Bois, EF07 Barra do Monjolo no rio Turvo, EF09 Maurilândia no rio Verde, EF10 Fazenda Aliança localizada no ribeirão Santa Bárbara, EF14 Santana de Patos situada no Rio Paranaíba, EF15 Charqueada do Patrocínio no rio Dourados e EF23 Ituiutaba localizada no rio Tijuco que foram categorizadas com tendência significativa de queda, a outras estações que também apresentaram tendência não significativa de queda, e foram as estações fluviométricas de EF06 Fazenda Nova do Turvo situada no rio Turvo e EF17 Estrela do Sul no rio Bagagem.

**Gráfico 18** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão mínima para o subperíodo de 1985 a 2003 através do teste de Mann-Kendall.

CATEGORIZAÇÃO DO CENÁRIO TENDENCIAL DE VAZÃO MÍNIMA-1985/2003



TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

Os registros categóricos apresentados através do gráfico 18, confirmam a expressividade das categorias negativas, onde os indicadores TNSQ apresentou 11 registros e atingiu o índice percentual de 48% seguido pelo indicador TSQ que apresentou 9 registros e com um índice percentual de 39%, com relação a categoria positiva essa exibiu apenas 3 registros, embora não tenha apresentado tendência foi representada pelo indicador TNSA foi representada pelo índice percentual de 13%, quanto as demais classes essas não tiveram nenhum registro para o período analisado.

### 5.9.3.3 Cenário tendencial da Vazão Mínima no subperíodo de 2003 a 2013

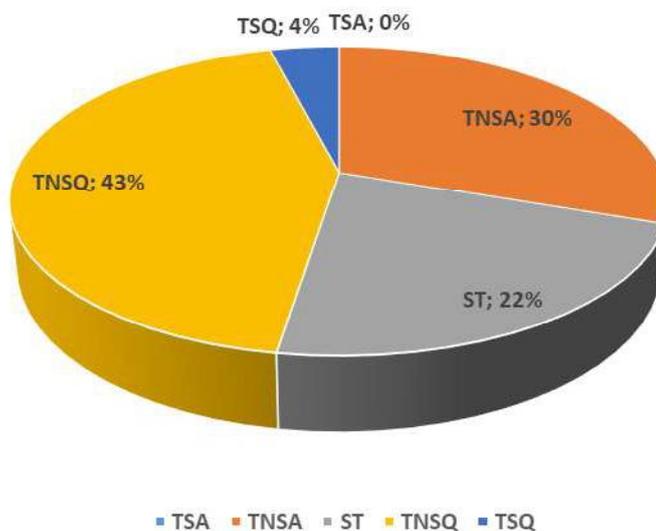
Quanto a análise do cenário tendencial referente ao regime de vazão mínima para o subperíodo de 2003 a 2013, contemplado pela tabela 44 conforme as aplicabilidades do teste, apresentaram tendências para as estações fluviométricas, EF10 Fazenda Aliança situada no ribeirão Santa Bárbara com tendência significativa de queda, enquanto a estação fluviométrica EF06 Fazenda Nova do Turvo localizada no rio Turvo indicou tendência não significativa de aumento e com relação as estações fluviométricas caracterizadas com tendências não significativas de queda sendo elas as estações fluviométricas EF15 Charqueada do Patrocínio situada no rio Dourados e EF17 Estrela do Sul localizada no rio Bagagem.

O teste de Mann-Kendall, a não presença de tendência ou tendência nula em cinco estações fluviométricas, sendo elas as estações EF02 UHE Corumbá situada no rio Piracanjuba, EF07 Barra do Monjolo no rio Turvo, EF13 Ponte do Cedro localizada no rio Verde, EF19 Fazenda São Mateus situada no rio Quebra-anzol e EF20 Fazenda Letreiro no rio Uberabinha.

Conforme a análise categórica constatou que o indicador TSA não apresentou nenhum registro, a classe TNSA constatou 7 registros com o referido índice percentual de 30%, posteriormente a próxima classe representada pelo indicador ST totalizando 5 registros atingiu o índice percentual de 22%, e conforme pode-se analisar no gráfico 19, com relação aos indicadores TNSQ, este apresentou 10 registros e um índice percentual de 43% e por último o indicador categórico TSQ com apenas 1 registro com o índice percentual de 4%.

**Gráfico 19** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Classes do cenário tendencial de vazão mínima para o período de 2003 a 2013 através do teste de Mann-Kendall.

CATEGORIZAÇÃO DO CENÁRIO TENDENCIAL DE VAZÃO MÍNIMA-2003/2013



TSA - Tendência significativa de Aumento ( $>1,96$ ), TNSA - Tendência não significativa de Aumento ( $<1,96$ ), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ - Tendência não significativa de queda ( $<-1,96$ ), TSQ - Tendência significativa de queda ( $>-1,96$ )

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

Tabela 44 - Aplicabilidade do teste de Mann-Kendall para os registros de Vazão Mínima para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

ESTAÇÃO	CURSO FLUVIAL	TESTE MANN-KENDALL VAZÃO MÍNIMA (1975 – 2013)					TESTE MANN-KENDALL VAZÃO MÍNIMA (1975 – 1985)					TESTE MANN-KENDALL VAZÃO MÍNIMA (1985 – 2003)					TESTE MANN-KENDALL VAZÃO MÍNIMA (2003 – 2013)				
		Tau		Inclinação de			Tau		Inclinação de			Tau		Inclinação de			Tau		Inclinação de		
		de	p-Valor	Sen	Z	TD	de	p-Valor	Sen	Z	TD	de	p-Valor	Sen	Z	TD	de	p-Valor	Sen	Z	TD
Kendall					Kendall					Kendall					Kendall						
EF01	Rio São Bartolomeu	-0,34	< 0,0001	-0,25	-3,015	TSQ	0,127	0,323	0,443	0,467	TNSA	-0,232	0,228	-0,25	-1,335	TNSQ	-0,345	0,161	-0,895	-1,401	TNSQ
EF02	Rio Piracanjuba	0,027	0,785	0,016	0,223	TNSA	0,5	0,042	1,125	2,036	TSA	-0,263	0,131	-0,225	-1,512	TNSQ	-0,085	0,834	-0,321	0	ST
EF03	Rio Meia Ponte	-0,505	< 0,0001	-0,144	-4,471	TSQ	0,273	0,276	0,288	1,09	TNSA	-0,55	0,001	-0,314	-3,227	TSQ	-0,183	0,482	-0,067	-0,703	TNSQ
EF04	Rio Meia Ponte	-0,138	0,232	-0,215	-1,196	TNSQ	0,382	0,119	2,84	1,557	TNSA	-0,491	< 0,0001	-1,663	-2,876	TSQ	0,18	0,53	1,08	0,629	TNSA
EF05	Rio dos Bois	-0,117	0,271	-0,058	-1,029	TNSQ	0,673	0,005	1,35	2,803	TSA	-0,371	0,03	-0,363	-2,172	TSQ	0,2	0,436	0,26	0,778	TNSA
EF06	Rio Turvo	-0,06	0,668	-0,027	-0,52	TNSQ	0,722	0,003	0,835	2,976	TSA	-0,288	0,093	-0,228	-1,681	TNSQ	0,455	1	0,54	1,868	TNSA
EF07	Rio Turvo	-0,011	0,953	-0,01	-0,088	TNSQ	0,771	< 0,0001	2,811	3,202	TSA	-0,485	0,006	-0,975	-2,767	TSQ	0,023	1	0	0	ST
EF08	Rio Verde ou Verdão	-0,106	0,356	-0,02	-0,922	TNSQ	0,477	0,051	0,567	1,952	TSA	-0,203	0,246	-0,071	-1,16	TNSQ	-0,17	0,528	-0,1	-0,632	TNSQ
EF09	Rio Verde ou Verdão	0,01	0,956	0	0,073	TNSA	0,418	0,087	3,844	1,713	TNSA	-0,339	0,169	-1,687	-1,967	TSQ	-0,147	0,585	-0,6	-0,547	TNSQ
EF10	Ribeirão Santa Bárbara	-0,09	0,05	-0,033	-0,787	TNSQ	0,315	0,029	0,48	1,253	TNSA	-0,406	0,017	-0,267	-2,382	TSQ	-0,514	0,035	-0,322	-2,108	TSQ
EF11	Rio Preto	0,483	< 0,0001	0,159	4,152	TSQ	0,33	0,184	0,288	1,327	TNSA	0,128	0,367	0,065	0,664	TNSA	0,112	0,694	0,133	0,393	TNSA
EF12	Rio Doce	0,116	0,105	0,07	1,006	TNSA	0,22	0,245	0,4	0,859	TNSA	0,135	0,441	0,122	0,771	TNSA	0,067	0,858	0,5	0,179	TNSA
EF13	Rio Verde	-0,074	0,528	-0,01	-0,631	TNSQ	0,181	0,511	0	0,657	TNSA	0,149	0,399	0,038	0,843	TNSA	0,023	1	0	0	ST
EF14	Rio Paranaíba	-0,19	0	-0,061	-1,682	TNSA	0,44	0,072	0,631	1,796	TNSA	-0,354	0,039	-0,188	-2,068	TSQ	-0,037	0,938	-0,03	-0,078	TNSQ
EF15	Rio Dourados	-0,398	0,037	-0,025	-3,448	TSQ	0,524	0,034	0,138	2,126	TSA	-0,689	< 0,0001	-0,067	-3,987	TSQ	-0,42	1	-0,04	-1,664	TNSQ
EF16	Rio Dourados	-0,129	0,14	-0,04	-1,138	TNSQ	0,463	0,06	0,3	1,88	TNSA	-0,088	0,624	-0,07	-0,49	TNSQ	-0,164	0,533	-0,089	-0,623	TNSQ
EF17	Rio Bagagem	-0,438	< 0,0001	-0,108	-3,888	TSQ	0,374	0,135	0,2	1,496	TNSA	-0,319	0,115	-0,158	-1,858	TNSQ	-0,449	0,071	-0,26	-1,807	TNSQ
EF18	Rio Araguari	-0,007	0,969	0	-0,049	TNSA	0,397	0,114	0,367	1,579	TNSA	-0,067	0,724	0	-0,353	TNSQ	0,315	0,21	0,25	1,253	TNSA
EF19	Rio Quebra-anzol	-0,149	0,191	-0,035	-1,309	TNSQ	0,411	0,009	0,456	1,653	TNSA	-0,278	0,107	-0,131	-1,614	TNSQ	0	1	0	0	ST
EF20	Rio Uberabinha	0,085	0,465	0,02	0,73	TNSA	0,187	0,479	0,05	0,709	TNSA	-0,137	0,44	-0,029	-0,773	TNSQ	-0,022	1	-0,013	0	ST
EF21	Rio Pouso Alegre	0,362	< 0,0001	0,018	3,158	TSA	0,514	0,035	0,08	2,108	TSA	-0,275	0,12	-0,02	-1,557	TNSQ	-0,076	0,812	0	-0,238	TNSQ
EF22	Rio Tijuco	0,171	0,081	0,05	1,503	TNSA	0,278	0,072	0,222	1,097	TNSA	-0,172	0,326	-0,1	-0,982	TNSQ	0,389	0,117	0,4	1,567	TNSA
EF23	Rio Tijuco	-0,273	< 0,0001	-0,263	-2,41	TSQ	0,2	0,436	0,789	0,778	TNSA	-0,365	0,018	-0,733	-2,11	TSQ	-0,22	0,39	-0,3	-0,859	TNSQ

ÍNDICE DE FREQUÊNCIA - 1975 / 2013			ÍNDICE DE FREQUÊNCIA - 1975 / 1985			ÍNDICE DE FREQUÊNCIA - 1985 / 2003			ÍNDICE DE FREQUÊNCIA - 2003 / 2013		
CATEGORIA	ABSOLUTA	RELATIVA									
TSA	1	4%	TSA	7	30%	TSA	0	0%	TSA	0	0%
TNSA	7	30%	TNSA	16	70%	TNSA	3	13%	TNSA	7	30%
ST	0	0%	ST	0	0%	ST	0	0%	ST	5	22%
TNSQ	9	39%	TNSQ	0	0%	TNSQ	11	48%	TNSQ	10	43%
TSQ	6	26%	TSQ	0	0%	TSQ	9	39%	TSQ	1	4%
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>									

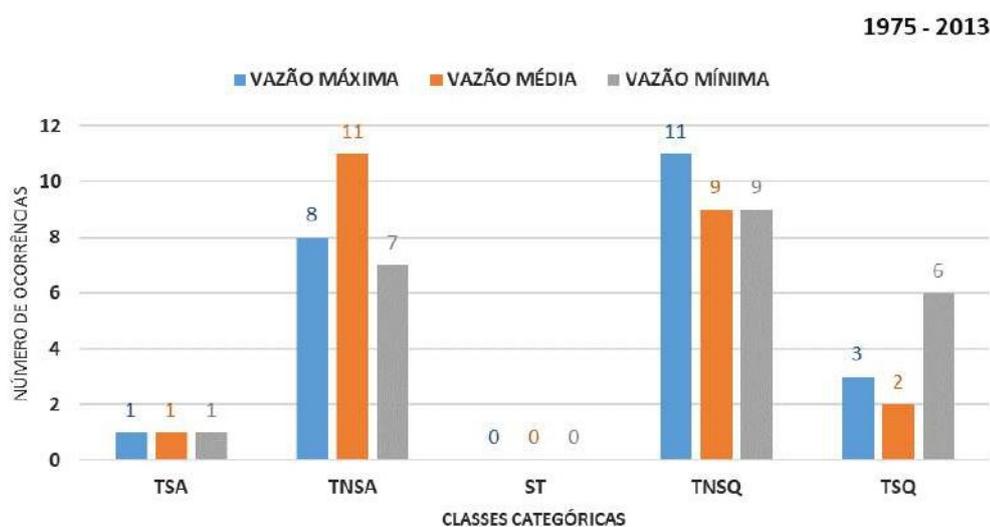
**Observação:** Os números em negrito foram destacados pelo teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall, TSA - Tendência significativa de Aumento (>1,96), TNSA - Tendência não significativa de Aumento (<1,96), ST - Tendência Nula ou Sem Tendência (0), TNSQ -Tendência não significativa de queda (<-1,96), TSQ - Tendência significativa de queda (>-1,96)

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

### 5.10 Análise categórica por número de ocorrência tendencial através do teste de Mann-Kendall para os regimes de Vazão Máxima, Média e Mínima

Conforme pode ser observado no gráfico 20 que avalia o período de 1975 a 2013, ao qual faz referência tratando-se do período geral proposto neste estudo, as divisões categóricas apresentaram determinada proximidade ou foram iguais quanto ao número de ocorrências tendenciais entre os regimes de vazão máxima, média e mínima, para tanto, as categorias que mais se destacaram foram TNSA (Tendência não significativa de aumento) correspondente ao regime de vazão média e TNSQ (Tendência não significativa de queda) que corresponde ao regime de vazão máxima, ambas apresentaram 11 ocorrências tendenciais, seguido por 6 ocorrências tendenciais correspondentes ao regime de vazão mínima categorizada através do indicador TSQ (Tendência significativa de queda).

**Gráfico 20** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise categórica por número de ocorrência através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para o período de 1975 a 2013.

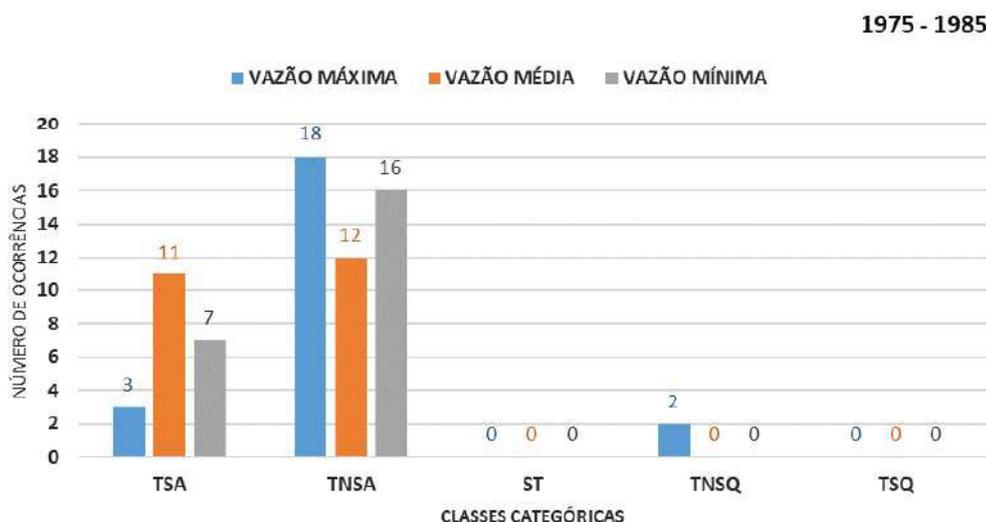


**Fonte:** Silva. G. C (2017).

Para o período de 1975 a 1985, tratando-se então da primeira fragmentação temporo-espacial proposta, constata-se que as variações tendências concentram-se mais nas categorias TSA (Tendência significativa de aumento) e TNSA (Tendência não significativa de aumento), conforme apresentado no gráfico 21, embora ainda ocorra uma determinada proximidade entre ambas quanto ao número de ocorrências tendenciais, destaca-se TNSA (Tendência não significativa de aumento) com 18 ocorrências tendenciais referentes ao regime de vazão máxima e com 16 ocorrências tendenciais correspondentes ao regime de vazão mínima, já o indicador categórico TSA (Tendência significativa de aumento) com 11 ocorrências tendenciais

, sendo estas correspondentes ao regime de vazão média, e para finalizar a última categoria que apresentou ocorrência foi a TNSQ (Tendência não significativa de queda) apresentou 2 ocorrências tendenciais referente ao regime de vazão máxima.

**Gráfico 21** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise categórica por número de ocorrência tendencial através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para o período de 1975 a 1985.



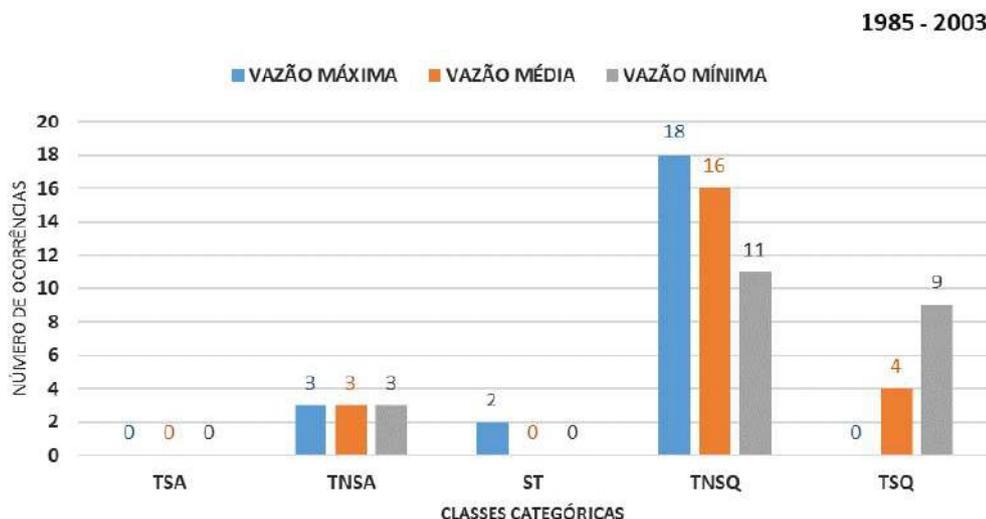
**Fonte:** Silva. G. C (2017).

O período proposto de 1985 a 2003 que faz jus a segunda fragmentação temporo-espacial proposta, concentra-se nas categorias TNSQ (Tendência não significativa de queda) e TSQ (Tendência significativa de queda), conforme observado o gráfico 22 apresenta praticamente o inverso do que foi analisado no gráfico 21.

Avaliando a proposta de análise deste contexto categórico para o período de 1985 a 2003, ressalta-se tratar de um período maior com 18 anos de análise, ou seja, praticamente 80% maior na escala temporo-espacial. No entanto, as categorias TNSQ (Tendência não significativa de queda) com 18 ocorrências tendenciais referentes ao regime de vazão máxima e com 16 ocorrências tendenciais correspondentes ao regime de vazão média já a categoria TSQ (Tendência significativa de queda) apresentou 9 ocorrências tendenciais referentes ao regime de vazão mínima.

Este período destaca-se dos períodos anteriores abordados, pois foi o primeiro período a apresentar dados quanto a categoria ST (Sem tendência) correspondentes a 2 registros referentes ao regime de vazão máxima.

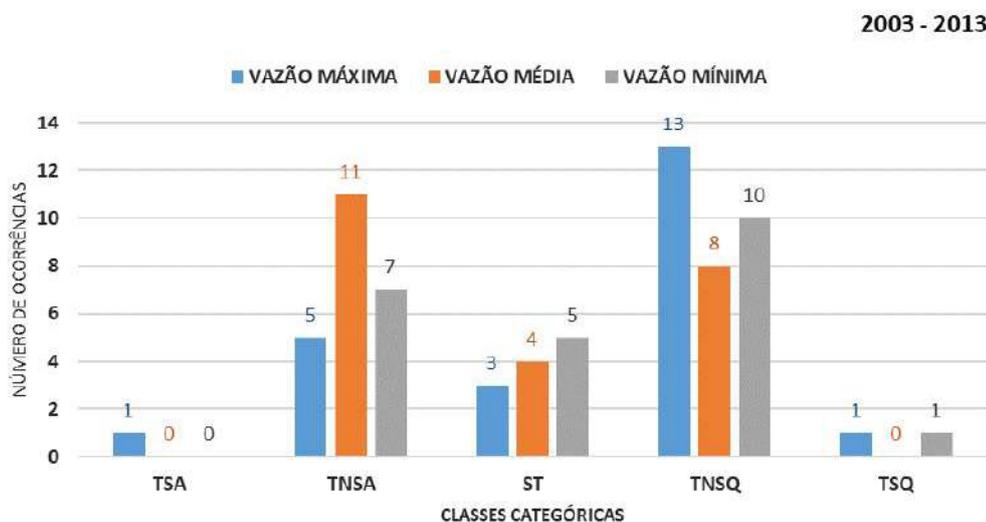
**Gráfico 22** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise categórica por número de ocorrência tendencial através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para o período de 1985 a 2003.



**Fonte:** Silva. G. C (2017).

A análise categórica para o período de 2003 a 2013, tratando-se então do último período, conforme apresentado no gráfico 23, é possível verificar que as classes categóricas ainda mantêm um padrão quanto ao número de ocorrências tendenciais referentes ao regime de vazão, mesmo mantendo determinada proximidade de quanto ao número de ocorrências tendenciais.

**Gráfico 23** – Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Análise categórica por número de ocorrência tendencial através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima para o período de 2003 a 2013.



**Fonte:** Silva. G. C (2017).

As categorias que mais se destacaram foram a categoria TNSQ (Tendência não significativa de queda) com 13 ocorrências tendenciais referentes ao regime de vazão máxima e 10 ocorrências tendenciais referentes ao regime de vazão mínima e a categoria TNSA (Tendência não significativa de aumento) com 11 ocorrências tendenciais correspondentes ao regime de vazão média.

Este período de 2003 a 2013, chamou atenção também devido a categoria ST (Sem tendência) com registros tendências correspondentes a 3 registros referentes ao regime de vazão máxima, 4 registros referentes ao regime de vazão média e 5 registros referentes ao regime de vazão mínima.

Neste contexto, a análise categórica por número de ocorrência tendencial através do teste de Mann-Kendall para os regimes de vazão máxima, média e mínima foi de extrema importância pois permitiu avaliar a proximidade existente entre os registros de ocorrências tendenciais embora, constatou-se também que há uma ocultação de registros quando a escala temporal é maior sendo possível encontrar uma melhor divisão categórica para escalas temporais menores.

### **5.11 Análise tendencial proposta por Wald–Wolfowitz “runs test”**

Embora a proposta de análise do cenário tendencial adotada seja pautada no método de Mann-Kendall, optou-se por uma contraproposta como meio de verificação, para tanto o método escolhido foi o método de Wald–Wolfowitz popularmente conhecido como *runs test*.

#### **5.11.1 Análise comparativa para o regime tendencial de Vazão Máxima**

O cruzamento de informações pertinentes a estatística que abrange o método de Mann-Kendall e o método de Wald-Wolfowitz permite que seja possível a comparação dos resultados, o possibilita comparar os resultados em comuns, conforme foi elaborado a tabela 45, que demonstra em síntese os cruzamentos efetuados entre os métodos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz.

**Tabela 45** - Análise comparativa entre o método de Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall (Vazão Máxima) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

EF	CURSO FLUVIAL	Período 1975-2013	Período 1975-1985	Período 1985-2003	Período 2003-2013
EF01	Rio São Bartolomeu				
EF02	Rio Piracanjuba				
EF03	Rio Meia Ponte				
EF04	Rio Meia Ponte				
EF05	Rio dos Bois				
EF06	Rio Turvo				
EF07	Rio Turvo				
EF08	Rio Verde ou Verdão				
EF09	Rio Verde ou Verdão				
EF10	Ribeirão Santa Bárbara				
EF11	Rio Preto				
EF12	Rio Doce				
EF13	Rio Verde				
EF14	Rio Paranaíba				
EF15	Rio Dourados				
EF16	Rio Dourados				
EF17	Rio Bagagem				
EF18	Rio Araguari				
EF19	Rio Quebra-anzol				
EF20	Rio Uberabinha				
EF21	Rio Pouso Alegre				
EF22	Rio Tijuco				
EF23	Rio Tijuco				

**Legenda:**

	Mann-Kendall
	Compatibilidade entre Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz “runs test”
	Wald-Wolfowitz “runs test”

**Fonte:** Silva. G. C (2017).

Observa-se que para o período correspondente a 1975 a 2013, com relação ao regime de vazão máxima em ambos os métodos tanto de Mann-Kendall ou de Wald-Wolfowitz, percebe-se que não houve compatibilidade entre os métodos quanto a detecção dos cenários tendenciais. Somente com a análise dos subperíodos, é que foi possível detectar análises compatíveis entre os métodos propostos, conforme apresentado na tabela 46 onde destaca-se a compatibilidade entre os métodos na detecção de cenários tendenciais para as estações fluviométricas EF06 Fazenda Nova do Turvo situada no rio Turvo, EF18 Desemboque localizada no rio Araguari e na estação fluviométrica EF13 Ponte do Cedro situada no rio Verde.

Destaca-se que as estações fluviométricas que apresentaram tendências foram ordenadas de acordo com os métodos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz e encontram-se

destacadas em vermelho, as estações fluviométricas que apresentaram mais de uma incidência temporo-espacial.

**Tabela 46** – Cenário Tendencial de Vazão Máxima para os Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall e a Compatibilidade entre os dois testes para cada período para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

PERÍODO	MANN-KENDALL	WALD-WOLFOWITZ	COMPATIBILIDADE
1975 - 2013	EF05 Rio dos Bois	EF07 Rio Turvo	
	EF11 Rio Preto	EF14 Rio Paranaíba	
		EF23 Rio Tijuco	
1975 - 1985	EF07 Rio Turvo	EF05 Rio dos Bois	EF03 Rio Meia Ponte
	EF11 Rio Preto	EF09 Rio Verde ou Verdão	EF18 Rio Araguari
	EF14	EF13 Rio Verde	
		EF19 Rio Quebra-anzol	
1985 - 2003	EF21 Rio Pouso Alegre	EF04 Rio Meia Ponte	
		EF07 Rio Turvo	
		EF12 Rio Doce	
		EF23 Rio Tijuco	
2003 - 2013	EF10 Ribeirão Santa Bárbara	EF03 Rio Meia Ponte	EF13 Rio Verde
		EF06 Rio Turvo	
		EF14 Rio Paranaíba	
		EF18 Rio Quebra-anzol	
		EF20 Rio Uberabinha	

Fonte: Silva. G. C (2017).

Com relação ao cenário tendencial de vazão o método de Wald-Wolfowitz, “*runs test*”, encontrou um cenário tendencial significativo com relação ao teste de Mann-Kendall. Ressaltando que o teste de Wald-Wolfowitz “*runs test*” limita-se somente a análise sequencial, portanto, o método de Mann-Kendall o supera devido a abrangência de suas abordagens e, resulta em análises mais coesas e com grau mais assertivo com relação a detecção de cenários tendenciais em séries históricas fluviométricas.

### 5.11.2 Análise comparativa para o regime tendencial de Vazão Média

Com relação à análise comparativa entre os métodos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz, percebe-se que o teste de Mann-Kendall apresentou ser eficiente quanto a detecção de cenários tendenciais para o período de 1975 a 2013 apresentando um total de 5 registros frente a uma detecção somente executada pelo método de Wald-Wolfowitz.

Abordando o regime de vazão média, conforme representado na tabela 47, evidencia-se a divisão temporo-espacial proposta para a análise em busca dos cenários tendenciais e, contudo, foi apontado compatibilidade com relação aos cenários tendenciais nas estações fluviométricas EF06 Fazenda Nova do Turvo no rio Turvo, EF13 Ponte do Cedro situada no rio

Verde e EF14 Santana de Patos localizada no Rio Paranaíba, EF01 UHE Batalha no rio São Bartolomeu, EF16 Abadia dos Dourados situada no rio Dourados, EF07 Barra do Monjolo situada no rio Turvo. O método de Wald-Wolfowitz, identificou cenário tendencial nas estações fluviométricas EF 21, 22 e 23, sendo elas Fazenda Cachoeira localizada no rio Uberabinha, Fazenda Paraíso e Ituiutaba ambas situadas no rio Tijuco. Conforme apresentadas na tabela 47.

**Tabela 47** - Análise comparativa entre o método de Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall (Vazão Média) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

EF	CURSO FLUVIAL	Período 1975-2013	Período 1975-1985	Período 1985-2003	Período 2003-2013
EF01	Rio São Bartolomeu				
EF02	Rio Piracanjuba				
EF03	Rio Meia Ponte				
EF04	Rio Meia Ponte				
EF05	Rio dos Bois				
EF06	Rio Turvo				
EF07	Rio Turvo				
EF08	Rio Verde ou Verdão				
EF09	Rio Verde ou Verdão				
EF10	Ribeirão Santa Bárbara				
EF11	Rio Preto				
EF12	Rio Doce				
EF13	Rio Verde				
EF14	Rio Paranaíba				
EF15	Rio Dourados				
EF16	Rio Dourados				
EF17	Rio Bagagem				
EF18	Rio Araguari				
EF19	Rio Quebra-anzol				
EF20	Rio Uberabinha				
EF21	Rio Pouso Alegre				
EF22	Rio Tijuco				
EF23	Rio Tijuco				

Legenda:

	Mann-Kendall
	Compatibilidade entre Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz “runs test”
	Wald-Wolfowitz “runs test”

Fonte: Silva. G. C (2017).

Assim, buscando uma melhor representatividade do contexto comparativo entre os métodos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz, foi disposto as estações fluviométricas com cenários tendenciais representando-as na tabela 48, para tanto, optou-se em destacar na cor vermelha as estações fluviométricas que apresentaram mais de uma ocorrência na ordem temporo-espacial.

**Tabela 48** – Cenário Tendencial de Vazão Média para os Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall e a Compatibilidade entre os dois testes para cada período para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

PERÍODO	MANN-KENDALL	WALD-WOLFOWITZ	COMPATIBILIDADE
1975 - 2013	EF01 Rio São Bartolomeu	EF13	Rio Verde
	EF12 Rio Doce		
	EF16 Rio Dourados		
	EF17 Rio Bagagem		
	EF23 Rio Tijuco		
1975 - 1985	EF01 Rio São Bartolomeu		EF06 Rio Turvo
	EF04 Rio Meia Ponte		EF13 Rio Verde
	EF05 Rio dos Bois		EF14 Rio Paranaíba
	EF07 Rio Turvo		
	EF08 Rio Verde ou Verdão		
	EF09 Rio Verde ou Verdão		
	EF10 Ribeirão Santa Bárbara		
	EF11 Rio Preto		
	EF12 Rio Doce		
	EF15 Rio Dourados		
	EF16 Rio Dourados		
	EF17 Rio Bagagem		
	EF18 Rio Araguari		
	EF19 Rio Quebra-anzol		
	EF20 Rio Uberabinha		
EF21 Rio Pouso Alegre			
EF22 Rio Tijuco			
EF23 Rio Tijuco			
1985 - 2003	EF02 Rio Piracanjuba	EF12	Rio Doce EF01 Rio São Bartolomeu
	EF05 Rio dos Bois	EF13	Rio Verde EF16 Rio Dourados
	EF11 Rio Preto	EF21	Rio Pouso Alegre
	EF17 Rio Bagagem	EF22	Rio Tijuco
2003 - 2013		EF23	Rio Tijuco
	EF01 Rio São Bartolomeu	EF14	Rio Paranaíba
	EF06 Rio Turvo	EF16	Rio Dourados
		EF18	Rio Araguari
		EF21	Rio Pouso Alegre
		EF22	Rio Tijuco
	EF23	Rio Tijuco	

Fonte: Silva. G. C (2017).

### 5.11.3 Análise comparativa para o regime tendencial de Vazão Mínima

As análises quanto ao regime de vazão mínima, foram efetuadas buscando analisar a compatibilidade entre os métodos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz, sendo assim de acordo com a tabela 49, e desta forma permitindo constatar as compatibilidades existentes entre os métodos, sendo elas identificadas nas estações fluviométricas EF14 Santana de Patos localizada no Rio Paranaíba, Ponte do Cedro, situada no rio Verde.

**Tabela 49** - Análise comparativa entre o método de Wald-Wolfowitz e Mann-Kendall (Vazão Média) para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

EF	CURSO FLUVIAL	Período 1975-2013	Período 1975-1985	Período 1985-2003	Período 2003-2013
EF01	Rio São Bartolomeu				
EF02	Rio Piracanjuba				
EF03	Rio Meia Ponte				
EF04	Rio Meia Ponte				
EF05	Rio dos Bois				
EF06	Rio Turvo				
EF07	Rio Turvo				
EF08	Rio Verde ou Verdão				
EF09	Rio Verde ou Verdão				
EF10	Ribeirão Santa Bárbara				
EF11	Rio Preto				
EF12	Rio Doce				
EF13	Rio Verde				
EF14	Rio Paranaíba				
EF15	Rio Dourados				
EF16	Rio Dourados				
EF17	Rio Bagagem				
EF18	Rio Araguari				
EF19	Rio Quebra-anzol				
EF20	Rio Uberabinha				
EF21	Rio Pouso Alegre				
EF22	Rio Tijuco				
EF23	Rio Tijuco				

**Legenda:**

	Mann-Kendall
	Compatibilidade entre Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz “runs test”
	Wald-Wolfowitz “runs test”

Fonte: Silva. G. C (2017).

Ressalta-se que com relação a aplicabilidade entre os métodos de Mann-Kendall e Wald-Wolfowitz, o método de Wald-Wolfowitz apresentou maior sensibilidade quanto a detecção de cenários tendências relacionados a vazão mínima.

## 5.12 Análise entre os dados de Vazão e Precipitação para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba

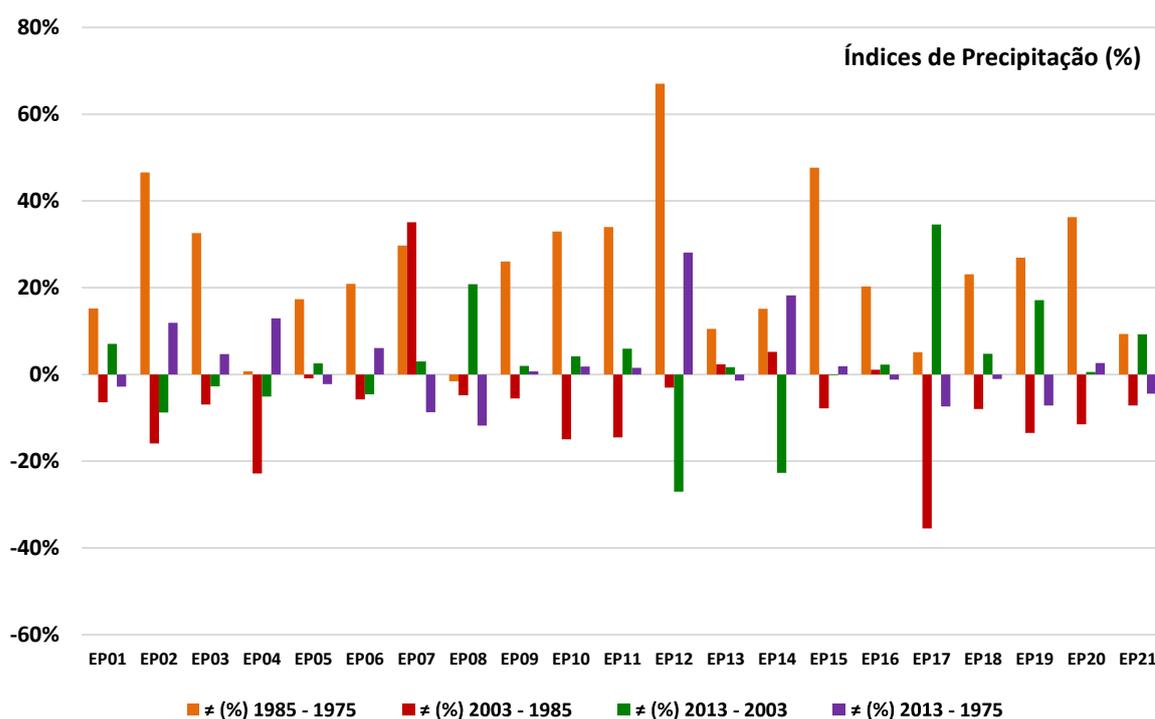
Partindo do conceito básico que abrange a própria definição de Bacia hidrográfica, tratando-a como uma área destinada a captação natural dos fluxos de água e, portanto, visto que esses fluxos têm sua origem básica a partir da variabilidade existente nas precipitações e partindo desse princípio, onde todo o fluxo hídrico gerado através da precipitação deve em

grande parte escoar para o exutório da bacia, ou seja, para um único ponto de saída.

Neste contexto, buscou-se estabelecer alguns parâmetros essenciais que auxiliem na compreensão da relação entre a precipitação e seus possíveis reflexos sobre os índices de vazão máxima, média e mínima para cada estação fluviométrica pertencente a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Notoriamente, ao analisar a variabilidade dos índices percentuais relacionados à precipitação, os mesmos não aparentam ser contraditórios com a variabilidade existente nos índices percentuais de vazão. Para tanto, conforme contemplado na análise proposta pelo gráfico 24, que expressa a variabilidade existente entre os índices de precipitação durante a evolução temporo-espaial adotada para a presente pesquisa, bem como os subperíodos correspondentes, sendo assim analisada para cada estação pluviométrica adotada.

**Gráfico 24** - Comparativo entre os índices percentuais de precipitação para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



**Fonte:** ANA/Hidroweb (2016). **Org.** Silva. G. C (2017).

Ainda ao observar o gráfico 20, detecta-se que o subperíodo compreendido entre os anos de 1985 a 2003, foi o período que destacou com relação a apresentação de índices negativos, ou seja, apresentou um déficit maior com relação à média das precipitações.

De acordo com a proposta de Junior (2013), que aborda uma possível correlação entre os registros de precipitação, com a área da bacia hidrográfica, buscando assim, quantificar os possíveis valores quantitativos referentes a vazão.

Portanto, se faz então de extrema importância a compreensão acerca do conceito referente a altura pluviométrica, bem como o mesmo acaba sendo entendido como a espessura média da lâmina de água precipitada, que seria capaz de recobrir toda a região atingida pela precipitação, desconsiderando que essa água não vá evaporar, nem infiltrar e nem escoar para fora dos limites da bacia em estudo.

A correlação entre os dados de precipitação com os de vazão, é possível através da aplicação da equação 40, que possibilita a previsão da vazão para a região da bacia hidrográfica. Onde, o indicador (A) faz referência a área e trabalha com quilômetros quadrados (Km<sup>2</sup>), com relação ao Indicador (P), esse é corresponde a precipitação em (mm) e último indicador da equação faz referência a transformação temporal de (ano x hora x segundos = 31536.s).

$$Vazão = \frac{A \cdot P \cdot m^3}{31536 \cdot s} \quad (40)$$

Onde:

$A$  = Área (Km<sup>2</sup>);

$P$  = Precipitação (mm).

Foi possível calcular a vazão para cada uma das estações fluviométricas, conforme foi representa a tabela 50, que sintetiza um conjunto amostral de 14.288 registros de vazão diária em cada uma das 23 estações fluviométricas, para um total de 38 anos.

Sendo assim, foi possível contemplar a representatividade entre os dados de precipitação auxiliando na estipulação da altura pluviométrica e, portanto, destacando-se as estações fluviométricas mineiras, EF15 Charqueada do Patrocínio situada no rio Dourados e EF18 Desemboque localizada no rio Araguari que possuíram 100% dos registros, iguais ou ultrapassados ao valor que foi estimado para a sua região correspondente.

O método apresentou maiores índices assertivos para com as estações fluviométricas mineiras, atingindo uma média percentual de 97%, enquanto a média assertiva para as estações goianas chegaram a 70%.

**Tabela 50** - Vazão calculada através da média da precipitação 1975 a 2013 para cada estação fluviométrica da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

<b>Estação Fluviométrica</b>	<b>Curso Fluvial</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Vazão Calculada</b>	<b>Anos Compatíveis</b>	<b>(%) Acerto</b>	
EF01	UHE Batalha	Rio São Bartolomeu	4130	187,25	24	62%
EF02	UHE Corumbá	Rio Piracanjuba	3680	166,85	23	59%
EF03	Montante de Goiânia	Rio Meia Ponte	1740	78,89	24	62%
EF04	Ponte Meia Ponte	Rio Meia Ponte	11500	521,39	27	69%
EF05	Fazenda Boa Vista	Rio dos Bois	4640	210,37	21	54%
EF06	Fazenda Nova do Turvo	Rio Turvo	2640	119,69	25	64%
EF07	Barra do Monjolo	Rio Turvo	7890	357,72	7	18%
EF08	Montividiu	Rio Verde ou Verdão	1020	46,25	38	97%
EF09	Maurilândia	Rio Verde ou Verdão	12800	580,33	28	72%
EF10	Fazenda Aliança	Ribeirão Santa Bárbara	1360	61,66	28	72%
EF11	Quirinópolis	Rio Preto	1630	73,9	33	85%
EF12	Ponte Rio Doce	Rio Doce	1280	58,03	30	77%
EF13	Ponte do Cedro	Rio Verde	638	28,93	38	97%
EF14	Santana de Patos	Rio Paranaíba	2730	123,77	38	97%
EF15	Charqueada do Patrocínio	Rio Dourados	78	3,54	39	100%
EF16	Abadia dos Dourados	Rio Dourados	1950	88,41	38	97%
EF17	Estrela do Sul	Rio Bagagem	868	39,35	36	92%
EF18	Desemboque	Rio Araguari	1070	48,51	39	100%
EF19	Fazenda são Mateus	Rio Quebra-anzol	1300	58,94	38	97%
EF20	Fazenda Letreiro	Rio Uberabinha	777	35,23	37	95%
EF21	Fazenda Cachoeira	Rio Pouso Alegre	195	8,84	37	95%
EF22	Fazenda Paraíso	Rio Tijuco	1510	68,46	38	97%
EF23	Ituiutaba	Rio Tijuco	6310	286,08	37	95%
<b>∑ Média =</b>					<b>81%</b>	

Fonte: Silva. G. C (2017).

### 5.13 Aplicação do índice de transformação antrópica na análise temporo-espacial da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba

É importante buscar compreender as relações acerca das dinâmicas que englobam as classes de uso e ocupação dos solos dentro do contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, e como pode-se perceber estas relações tendem a refletir diretamente na disponibilidade dos recursos hídricos.

Como resultado dessas ações dinâmicas obteve-se praticamente uma nova reconfiguração da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, e toda dinâmica envolvida trouxe também um novo repensar quanto as formas que envolvam o planejar e ocupar uma região, sem que para isso ocorram impactos significativos ao meio ambiente destacando entre os fatores ambientais os recursos hídricos.

Portanto, buscando uma melhor compreensão quanto ao nível de degradação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, optou-se utilizar o índice de transformação antrópica ou ITA, proposto por Mateo (1991), trata-se de um método que vai além de contemplar a quantificação das pressões antrópicas sobre as classes de uso e ocupação dos solos, também indica o grau de antropização para cada classe individualmente.

O primeiro passo para a execução do ITA consiste na elaboração da tabela 51, que tem a função de apresentar o peso adotado para cada classe de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, sendo estes:

**Tabela 51** – Pesos para as classes de uso e ocupação dos solos para a aplicação do ITA para a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

CLASSES	PESOS (ITA)
• Corpos d'água	1
• Influência Urbana	10
• Influência Mineral	10
• Silvicultura	5
• Pastagem	6
• Vegetação Natural	1
• Agricultura	7

**Fonte:** Cruz et al. (1998) **Org.** Silva. G. C (2017).

Posteriormente, para que seja possível definir o ITA com o peso de cada classe, definido o índice de transformação antrópico é calculado através da equação 42:

$$ITA = \frac{\sum(\%USO \times PESO)}{100} \quad (42)$$

Onde:

Uso = área em valores percentuais da classe de uso e cobertura;

Peso = uso e cobertura quanto ao grau de alteração antrópica - 1 a 10, e 10 = maiores pressões.

Com relação ao resultado da equação, usa-se o resultado proposto por Cruz *et al.* (1998), que ao trabalharem com bacias hidrográficas chegaram aos seguintes índices classificativos:

- ❖ Pouco degradada (0 - 2,5),
- ❖ Regular (2,5 - 5),
- ❖ Degradada (5 - 7,5) e
- ❖ Muito degradada (7,5 - 10).

Sendo assim, buscou-se efetuar todo o cálculo do índice de transformação antrópico, conforme foi apresentado na tabela 52 que tem a função de apontar os índices de transformação antrópicos para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba – ITA, bem como a evolução sofrida entre as classes de uso e ocupação dos solos durante os anos de 1985, 2003 e 2013.

**Tabela 52** – Resultados do ITA para os mapeamentos de uso e ocupação do solo de 1985, 2003 e 2013 da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Classes	Área (km <sup>2</sup> )			(% Uso)			Peso	ITA		
	1985	2003	20013	1985	2003	20013		1985	2003	20013
Corpos d'água	2.195,81	2350,41	3516,54	0,99	1,06	1,59	1	0,01	0,01	0,02
Influência Urbana	1.789,46	2699,62	2471,53	0,81	1,22	1,12	10	0,08	0,12	0,11
Influência Mineral	15,98	13,49	57,56	0,01	0,01	0,03	10	0,00	0,00	0,01
Silvicultura	2.947,07	1444,25	2814,77	1,33	0,65	1,27	5	0,07	0,03	0,06
Pastagem	102.620,72	106988,05	91139,78	46,36	48,33	41,17	6	2,78	2,90	2,47
Vegetação Natural	73.945,55	58603,12	63781,55	33,40	26,47	28,81	1	0,33	0,26	0,29
Agricultura	37.846,23	49261,82	57579,18	17,10	22,25	26,01	7	1,20	1,56	1,82
							$\Sigma =$	4	5	5

Fonte: Silva. G. C (2017).

O cálculo do índice de transformação antrópica (ITA) da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba com relação ao mapeamento proposto para o ano de 1985, a classifica como sendo uma bacia hidrográfica **regular**, o que é bem condizente com as dinâmicas apresentadas na

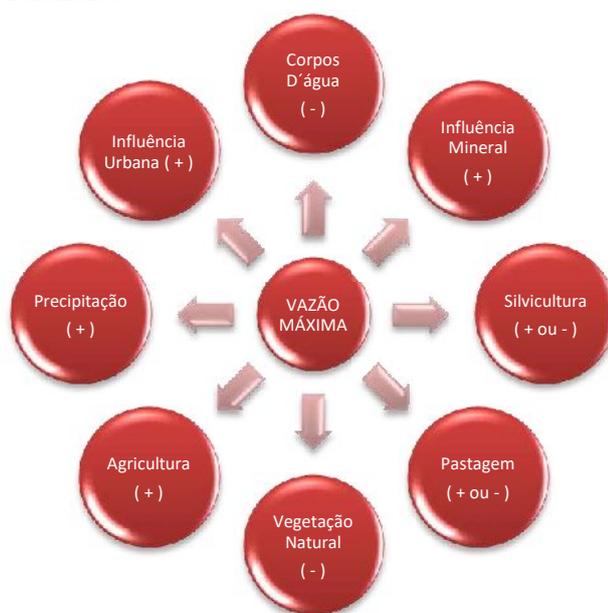
caracterização do uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

Mas, o que foi surpreendente no processo de caracterização da bacia hidrográfica através do índice de transformação antrópica, é que no período que compreende os anos de 1985 a 2003 e o índice de transformação antrópica (ITA), sofreu alteração significativa deixando assim de ser caracterizado como regular nível 4, passando então para o padrão nível 5 que faz referência a característica **degradada**, permanecendo este mesmo indicador para o ano de 2013, o que vem a atentar acerca dos impactos antrópicos sobre os recursos naturais e principalmente sobre os recursos hídricos.

As análises pertinentes a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, mantendo então total consciência das correlações existentes entre as transformações e, dos reflexos que as mesmas provocam nos recursos hídricos, foram elaborados diagramas causais e, portando, referentes estritamente a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

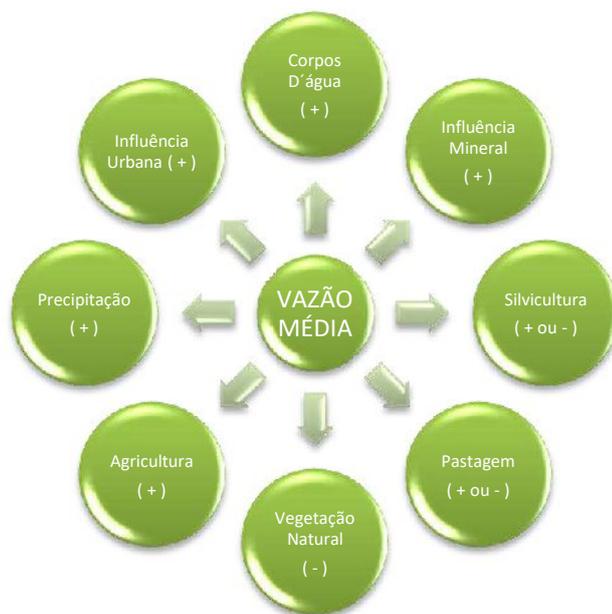
Seguindo as propostas de Latuf (2005) e Santos (2010), com o intuito de expressar uma visão qualitativa a respeito da interação positiva ou negativa da interação entre classes de uso e ocupação dos solos adotadas correlacionando-as com os regimes de vazão máxima, média e mínima, concretizam-se nos diagramas de relações causais, sendo estes apresentados nas figuras 46, 47 e 48.

**Figura 46** - Relações causais possíveis entre a vazão máxima e as classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



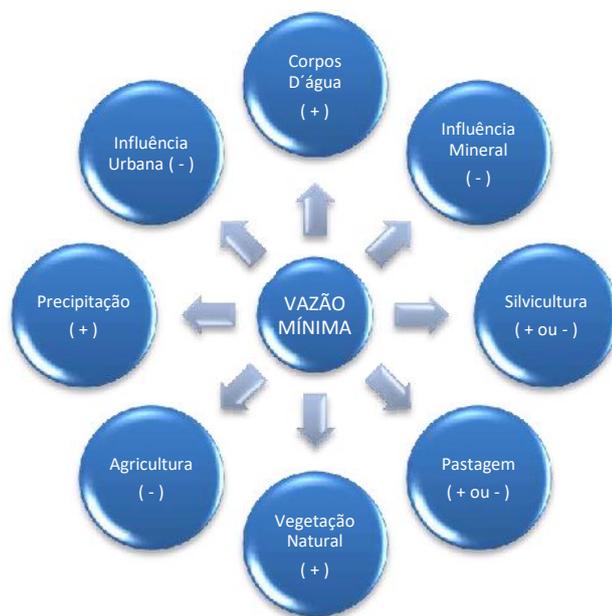
**Fonte:** Baseado em Santos (2010). **Org.** Silva. G. C (2017).

**Figura 47** - Relações causais possíveis entre a vazão média e as classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



**Fonte:** Baseado em Santos (2010). **Org.** Silva. G. C (2017).

**Figura 48** - Relações causais possíveis entre a vazão mínima e as classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.



**Fonte:** Baseado em Santos (2010). **Org.** Silva. G. C (2017).

Contatou-se a importância em relação ao desenvolvimento de estudos mais abrangentes sobre o tema e, principalmente, que estes estudos permeiem uma perspectiva ambiental consciente e capaz de preservar e/ou conservar os recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo não se finda aqui, espera-se que os dados aqui gerados venham de alguma forma a serem utilizados em pesquisas futuras, que tenham o intuito em avaliar a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, pois, como foi perceptível para algumas regiões a disponibilidade hídrica é um fator bem limitado.

Conforme observado, a busca pelo desenvolvimento econômico motivado somente pelo alto lucro propiciou uma ocupação desordenada do espaço físico da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, e com isso ocorreu um aumento da demanda pelos recursos hídricos, principalmente no período adotado que foi de 1975 a 2013. Para tanto, é necessário a adoção de critérios mais específicos, voltados para o manejo adequado dos recursos hídricos dentro da bacia hidrográfica, de forma que garanta a preservação dos recursos hídricos e sua utilização de forma sustentável.

O conhecimento acerca dos componentes que envolvem o ciclo hidrológico entre eles a vazão máxima, média e mínima de um rio são fatores de suma importância, pois permitem que diversas estratégias sejam tomadas com relação a organização hidroelétrica, a viabilização de obras hidráulicas, a organização da expansão urbana, além de permitir o conhecimento acerca dos fatores de risco de enchentes, da capacidade que o rio possui em abastecer uma região e com relação as disponibilidades hídricas utilizadas no setor produtivo e na agricultura, entre outras. Sendo assim, os regimes de vazão máxima, média e mínima, assumem dentro do contexto das bacias hidrográficas um papel fundamental e o seu entendimento permite que seja possível estimar as disponibilidades de uso para o rio principal ou um de seus afluentes.

Com relação ao banco amostral, este foi elaborado para um período de 38 anos, composto por um conjunto de 23 estações fluviométricas totalizando 327.405,0 registros referentes a vazões, fornecidos pela Agência Nacional de Águas – ANA, embora tenha apresentado certa relevância para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, concluiu-se que se deve repensar quanto ao fornecimento e gestão dos dados climáticos, principalmente na manutenção e distribuição dos postos de coletas, visto que, estes postos são de extrema importância para o desenvolvimento científico e social.

A análise estatística não paramétrica dos dados de vazão máxima, média e mínima através do modelo de Mann-Kendall permitiu identificar a existência ou ausência de tendências nas séries históricas avaliadas, pode-se constatar que a aplicação do teste para o período de 1975 a 2013 teve pouca representatividade com relação a identificação de tendência nas séries, pois, estas foram melhor identificadas quando optou-se em analisar conforme os períodos

propostos, para o mapeamento de uso e ocupação, vindo a apresentar tendência somente nas estações fluviométricas 60750000 Fazenda Nova do Turvo localizada e 60765000-Barra do Monjolo, situadas no rio Turvo, 60715000 Fazenda Boa Vista localizada no rio dos Bois, estação fluviométrica 60810000 Fazenda Aliança que fica no ribeirão Santa Bárbara, estação fluviométrica 60910000 Ponte do Cedro localiza no rio Verde, estação fluviométrica 60615000 Fazenda Cachoeira-Rio Pouso Alegre e a estação fluviométrica 60010000 Santana de Patos a única localizada no rio principal, sendo ele o Rio Paranaíba.

Ao buscar a aplicação de mais um teste capaz de avaliar possíveis compatibilidades, o teste de Wald-Wolfowitz “*runs test*”, encontrou compatibilidade de cenários tendenciais somente nas estações fluviométrica, 60910000 Ponte do Cedro situada no rio Verde e 60010000 Santana de Patos localizada no Rio Paranaíba, onde conclui-se que o teste de Mann-Kendall, seria o melhor a ser adotado, devido a sua abrangência metodológica.

Assim, partindo da verificação da existência ou não do cenário tendencial, foi para a identificação de possíveis externalidades, como foi percebido que houve uma redução das vazões máximas e mínimas, mas, em contrapartida obteve-se uma manutenção das vazões médias, o que sugeriu possíveis reflexos das alterações temporais quanto ao de uso e ocupação dos solos, visto que os índices de precipitação se mantêm favoráveis e dentro dos padrões médios analisados, para a série histórica é de aproximadamente de acordo com a média aritmética 1.466,7 mm anuais, além de constatar-se a breve proposta de simulação do modelo de chuva-vazão com índice assertivo de 81%.

Neste contexto, o uso do sensoriamento remoto foi de grande importância, pois, permitiu a elaboração de mapas temáticos referentes ao uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, para os anos de 1985, 2003 e 2013, que possibilitou contemplar a transformação das classes de uso e ocupação dos solos, adotadas para o presente estudo, sendo elas, pré-determinadas como agricultura, influência urbana, influência mineral, silvicultura, vegetação natural, corpos d'água e pastagem, para uma escala de abordagem de 1:250.000 em uma bacia hidrográfica com dimensões de aproximadamente 221.360,8 km<sup>2</sup>.

Tais mapeamentos foram importantes, pois, permitiram constatar a evolução da agricultura na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, atingindo em um período de 38 anos o crescimento a nível de área (Km<sup>2</sup>) 8.317,4 km<sup>2</sup>, ou seja, em 1985 a agricultura totalizava 11.415,6 Km<sup>2</sup> e no último mapeamento, atingiu a marca de 19.733,0 Km<sup>2</sup>, em contrapartida o mapeamento permitiu constatar uma perda significativa quanto ao desmatamento da vegetação nativa, pertencente em grande parte ao bioma Cerrado, com alguns resquícios do bioma Mata Atlântica, que em grande parte margeia o Rio Paranaíba, o que indica uma perda inicial de

15.342,4 Km<sup>2</sup> e na evolução dos mapeamentos chegou ao final totalizando uma perda 10.164,0 Km<sup>2</sup>, sendo assim, justifica-se as pequenas manchas de vegetação natural encontradas em ambos os mapeamentos e conclui-se a necessidade de um plano de gestão eficiente para toda a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.

Os mapeamentos também permitiram constatar um pequeno crescimento dos corpos d'água que foram possíveis devido a implantação de usinas hidrelétricas, fator esse que também veio a interferir nos regimes de vazão máxima, média e mínima, destacando que no último mapeamento eles representavam a nível territorial, aproximadamente 3.516,5 Km<sup>2</sup>, ou seja, devido à dimensão territorial da bacia os recursos hídricos superficiais, chamam bastante atenção com relação a proporção e principalmente a gestão estratégica.

Foi verificado também que o índice de transformação antrópico durante as escalas temporais, adotadas para os mapeamentos de uso e ocupação dos solos, através das classes devidamente categorizadas, possibilitou averiguar que a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba passou de uma característica regular, quanto a transformação antrópica constatada no primeiro mapeamento de 1985, para degradada nos mapeamentos seguintes.

Portanto, o dever de cuidar dos recursos hídricos acaba sendo um direito de todos, e reverter a índice característico degradado somente será possível com um planejamento efetivo e com uma melhor integração entre todos os setores envolvidos.

Enfim, as análises realizadas sobre o comportamento de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba e seus reflexos nos regimes de vazão máxima, média e mínima foram consideradas extremamente satisfatórias.

O presente estudo, representou um enorme crescimento intelectual e pessoal para todos os envolvidos no processo, acredito que o poderia apresentar uma abordagem maior acerca da temática envolvida, mais infelizmente o tempo não permitiu, o que vem a inspirar possíveis avanços neste contexto climático, hídrico e de uso e ocupação para um doutoramento e que seja breve.

Com relação a estrutura de apoio que o Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, somente tenho que agradecer a todos em especial ao Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira, orientador este, que merece todas as honras como profissional, educador e amigo, um grande exemplo a ser seguido.

Uma palavra resume todo o conhecimento até aqui alcançado e ela é gratidão.

## 7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGÊNCIA NACIONAL De ÁGUAS (BRASIL) - ANA (2016). **HidroWeb** - Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 04 de ago de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Diagnóstico da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**: Parte A. 2011. Disponível em: <<http://cbhparanaiba.org.br/prh-paranaiba/documentos-de-apoio>>. Acesso em: 14 de ago de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL De ÁGUAS (BRASIL). **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2013. Disponível em: <<http://cbhparanaiba.org.br/prh-paranaiba/plano>>. Acesso em: 24 de ago de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**: Resumo Executivo. 2013. Disponível em: <<http://cbhparanaiba.org.br/prh-paranaiba/resumo-executivo>>. Acessado em: 04 de set de 2016.

ALONSO, C. V., NEIBLING, W. H. e FOSTER, G. R. **Estimating Sediment Transport Capacity in Watershed Modeling**. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs. 1981 24(5), 1211-1220, 1226.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO (Irrigation and Drainage, n.56). 1998. 300p.

ALMEIDA F.F.M., HASSUI Y., Brito-Neves B.B., FUCK R.A. 1981. **Brazilian structural provinces**: An introduction. Earth Sciences Review,17: 1-29.

ALVES COSTA, M. “**Seleção de Áreas Potenciais para Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, São Paulo – Brasil**”. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP - Instituto de Geociências, Campinas – SP, [s.n], 2006, Nº 355/2006.

AMARAL, M. V. S. G. **Ajuste e comparação de séries temporais para dados de vazão específica em microbacias pareadas**. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba – ESALQ/USP, 2014.

ANDRADE, L. F. **Análise espaço-temporal do escoamento fluvial nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, Oeste Paulista, Brasil** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Presidente Prudente, SP, 2014.

ARAÚJO, A. P.; ROCHA, P. C. **Regime de fluxo de alterações hidrológicas no rio Tibagi – bacia do rio Paranapanema / Alto Paraná**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA. V. especial VIII SINAGEO. N. 3. 2010.

BAENA, L. G. N.; SILVA D. D.; PRUSKI, F. F.; CALIJURI, M. L. **Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do rio Paraíba do Sul**. Revista Engenharia na Agricultura, Jaboticabal, v. 24, n.3, p. 612-624, set. / dez. 2004, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162004000300013>

BATCHELOR, P. Models as metaphors: The role of modeling in pollution prevention. **Water Resources Research**, v. 14, n. 3, p. 243-251, 1994.

BATISTA, A. L. F. (2009). “**Modelos de Series Temporais e Redes Neurais Artificiais na Previsão de Vazão**”. Dissertação de Mestrado. Lavras, MG: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas.

BAYER, F. M., Souza, A. M. (2010). **Wavelets e modelos tradicionais de previsão: um estudo comparativo**. Ver Bras Biom, 28(2), 40–61.

BELINASSO, T. B. **Monitoramento hidrossedimentométrico e avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica urbana de encosta**. 2002. 341 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Sana Maria – RS, 2002.

BENETTI, A. D.; LANNA, A. E.; COBALCHINI, M. S. Metodologias para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 8, n.2, p. 149–160. 2003

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BERTRAN, P. **Uma Introdução à História Econômica do Centro-Oeste do Brasil**. CODEPLAN e Universidade Católica de Goiás. Brasília, 1988.

BHUYAN, P.K., CHAMUA, M., SUBRAHMAYAM., P and GARG, S.C., 2002, Diurnal, seasonal and latitudinal variation of electron temperature measured by the SROSS C2 satellite at 500 km altitude and comparison with IRI, **Annales Geophysicae**, 20: 807-815.

BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. **Mudanças climáticas globais: efeitos sobre as águas continentais superficiais**. In: BUCKERIDGE, M. S. (Org.). *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil*. 1 ed. São Carlos: Rima, 2008.

BOOTH, D. B. (1991) **Urbanization and the natural drainage system – impacts, solutions, and prognoses**. The Northwest Environmental Journal, n.7, p.93-118.

BOTELHO, R. G. M & SILVA, A.S. (2010) **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (orgs). *Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil*. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3.ed.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL G. C. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. - New York: John Wiley & Sons, 1994. - 4ª: Vol. I.

CABRAL S. L. **Intervalo de tempo de máxima previsibilidade no acoplamento de modelos climáticos e hidrológico para o gerenciamento de reservatório**. Fortaleza/CE. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2014.

CAMPOS, J.E.G., DARDENNE, M.A., FREITAS-SILVA, F.H., MARTINS FERREIRA, M.A.C., 2013. **Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília**. Brazilian Journal of Geology 43, 461–476

CARDOSO NETO, A. (2010). **Sistemas Urbanos de Drenagem**. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao\\_a\\_drenagem\\_urbana.pdf](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf)> . Acesso em: 20/09/2016.

CASTIGLIONI, I. F. **Análise regional de vazões para a bacia hidrográfica do Rio Itapemirim**. 2013. 170 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2013.

CASTIGLIONE, L. H. G. **Uma viagem epistemológica ao geoprocessamento**. Dez./2003. 239 folhas. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais) – UERJ. Rio de Janeiro, 2003.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [s.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 11 de agosto. 2016

CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3ª edição, Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2004. p. 485-525.

COELHO NETTO, A.L. - 1994 – “Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia”, Cap. 3, in: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (org.) - 1994 - “**Geomorfologia. Uma atualização de bases e conceitos**”, Ed. Bertrand, Rio de Janeiro, 2ª ed, 472 p.

COLLISCHONN, W.; **Simulação Hidrológica de Grandes Bacias**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

COUTINHO, L.M. 2006. **O conceito de bioma**. Acta Bot. Bras. 20(1):1-11.

COSTA, N. T. **Predição de tráfego, usando WT e ARIMA, aplicada ao gerenciamento adaptativo de largura de banda para interfaces de roteadores**. 2013. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

CORRÊA, A. A. M. Conservação do solo, solo ideal e eco 92. **B. Inf. da SBCS**, v.15, n.2, p. 56-60, maio/ago., 1990.

CHEVALLIER. P. **Aquisição e processamento de dados**. In: TUCCI, C.E.M. et al. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed., primeira reimpressão. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2004. cap. 13. p. 485-525.

CHORLEY, R. J. **Modelos físicos e de informação em geografia. Livros técnicos e científicos**. Rio de Janeiro: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1975.

CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. **Applied hydrology**. New York: McGrawHill, (Water Resources and Environmental Engineering). 1988. 572p.

CHOW, V.T. **Handbook of applied hydrology**. New York, McGraw-Hill, 1964. 1418p

CHUEH, A. M. **Análise do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno** - São José dos Pinhais/PR, por meio do Diagnóstico Físico-Conservacionista - DFC. 2004. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

CURADO L. C. **Indicadores de vazões mínimas de referência em sub bacias do Rio Miranda** (Dissertação de Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, CAMPO GRANDE – MS. 2003

DANFÁ, S. **Distribuição espacial da precipitação pluvial e sua erosividade para Guiné-Bissau**. 2009. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

DARDENNE M.A. 2000. **The Brasilia fold belt**. In: CORDANI U.G.; MILANI E.J.; THOMAZ FILHO A. (Eds) Tectonic Evolution of South America. In: International Geological Congress, 31, Rio de Janeiro. 231p.

DOUGLAS, E.M.; VOGEL, R.M. **Probabilistic behavior of floods of record in the United States**. Journal of Hydrologic Engineering, Reston, v.11, n.5, p.482-488, 2006.

DINIZ, B. P. C. **O Grande Cerrado do Brasil Central: geopolítica e economia**. 2006. 231f. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo

EHLERS, R. S. **Análise de Séries Temporais**. 5ª ed. 2009. Disponível em:<<http://www.icmc.usp.br/~ehlers/stemp/stemp.pdf>>. Acesso em 15: ago 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos aproveitamentos hidroelétricos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2006. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/MeioAmbiente\\_5/Produto\\_2\\_-\\_Caracterização\\_-\\_Relatório.pdf](http://www.epe.gov.br/MeioAmbiente/Documents/MeioAmbiente_5/Produto_2_-_Caracterização_-_Relatório.pdf)>. Acesso em: 22 set de 2016.

FEDDEMA, J. J., OLESON, K. W., BONAN, G. B., MEARNES, L. O., BUJA, L. E., MEEHL, G. A., WASHINGTON, W. M. **The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates**. Science 310, n. 9. 2005: 1674-78.

FERREIRA, C. S. **Avaliação temporal do uso e ocupação das terras na bacia do rio São Bartolomeu, DF**. 2006. 131p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília DF.

FERREIRA, V. O.; MENDES SILVA, M. **O clima da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: subsídios para a gestão de recursos hídricos**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, 2012, p. 302-319.

FERREIRA, I. M.; MENDES, E. de P. P. **A organização do espaço agrário em Goiás: povoamento e colonização (do século XVII ao XX)**. XIX ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, SãoXV Paulo, 2009, pp. 1-27.

FERREIRA, V.O. **Análise de Tendências em Séries Pluviométricas: Algumas Possibilidades Metodológicas**. Geonorte, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.317 – 324, 2012.

FISCHER, S. **Séries Univariantes de tempo – metodologia de Box & Jenkins**. Porto Alegre: FEE, 1982.

FOLEY, J. A., DEFRIES, R., ASNER, G. P., BARFORD, C., BONAN, G., CARPENTER, S. R., CHAPIN, F. S., COE, M. T., DAILY, G. C., GIBBS, H. K., HELKOWSKI, J. H., HOLLOWAY, T., HOWARD, E. A., KUCHARIK, C. J., MONFREDA, C., PATZ, J. A., Prentice, I. C., RAMANKUTTY, N., SNYDER, P. K. 2005. **Global Consequences of Land Use**. *Science*, 309, 570-574.

FLAUZINO, F. S. SILVA, M. K. A. NISHIYAMA, L. ROSA, R.. Geotecnologias Aplicadas à Gestão dos Recursos Naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 22 (1): 75-91, abr. 2010

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

GALINDO, O.; SANTOS, V. M. Centro-Oeste: evolução recente da economia regional. In: AFFONSO, R. B. A.; SILVA, P. L. B. (Org.). **Desigualdades regionais e desenvolvimento**. São Paulo: FUNDAP; Universidade Estadual Paulista, 1995. (Col. Federalismo no Brasil)

GAO, L. & SHAO, M. **Temporal stability of soil water storage in diverse soil layers**. *Catena*, 95:24-32, 2012.

GRANELL-PÉREZ, M. D. C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ijuí: UNIJUÍ, 2004.

GUERRA, A.J.T. - 1994 – “Processos erosivos nas encostas”, Cap. 4, in: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (org.) - 1994 - “**Geomorfologia. Uma atualização de bases e conceitos**”, Ed. Bertrand, 2a ed, 472 p.

GUERRA, A. J. T. **O início do processo erosivo**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

GOODMAN, D. Expansão da fronteira e colonização rural: recente política de desenvolvimento no Centro-Oeste. In: BAER, W; GEIGER, P. P.; HADDAD, P. R. **Dimensões do desenvolvimento brasileiro**. Rio de Janeiro: Campus, 1978.

HAAN, C.T. **Statistical methods in hydrology**. 2.ed. Ames: The Iowa State University, 2002. 377p.

HARSCH, N.; BRANDENBURG, M.; KLEMM, O. **Large-scale lysimeter site St. Arnold, Germany: analysis of 40 years of precipitation, leachate and evapotranspiration**. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, v. 13, p. 305-317, 2009.

HAMED, K. H. *Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis*. **Journal of Hydrology**, v. 349, n. 3, p. 350-363, 2008.

HIBBERT, A.R., 1967. Forest treatment effects on water yield. In: Sopper & Lull (Ed.). **International Symposium on Forest Hydrology**. Pergamon Press: 527-543.

IBGE. Regiões de Influência das Cidades 2008. **IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: julho 2016.

JOSEPH, J. F.; FALCON, H. E.; SHARIF, H. O. **Hydrologic Trends and Correlations in South Texas River Basins: 1950–2009**. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 18, n. 2, p. 1653-1662, 2013 <in: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0000709>> acesso em 22 de setembro de 2016.

JÚNIOR, N. C. **Análise da chuva e vazão da bacia hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. 133 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013.

KARL, T.R.; DIAZ, H.F.; KUKLA, G. **Urbanization: its detection and effect in the United States climate record**. *Journal of Climate*, v.1 n.11, p.1099-1123. 1988.

KENDALL, M. G., **Rank Correlation Methods**, 4th ed., Charles Griffin: London, 1975

KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; CORRÊA, G.P.; MICHEL, G.P. (2010) **Debris flow occurrences in Rio dos Cedros, Southern Brazil**: meteorological and geomorphic aspects. In: De Wrachien, D.; Brebbia, C.A. (Eds.) *Monitoring, Simulation, Prevention and Remediation of Dense Debris Flows III*. pp.77-88.

KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003, 2. ed., 253 p.

LANNA, A.E. Introdução. In: PORTO R.L.L. et al. **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1997.

LANNA, A. E. L.; BENETTI, A. D. **Estabelecimento de critérios para definição da vazão ecológica no Rio Grande do Sul**. Relatório Final. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria do Meio Ambiente, Fundação Estadual de Proteção Ambiental, 2000.

LATUF, M. O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do Rio Preto e Ribeirão Entre Ribeiros**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2007.

LETEY, J. **Relationship between soil physical properties and crop productions**. *Adv. Soil Sci.*, 1:277-294, 1985.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para manejo de microbacias hidrográficas**. Piracicaba: Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, USP, 1996.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/ Fapesp, 2000. p.33-44

LÚCIO, P. S. et al. **Um modelo estocástico combinado de previsão sazonal para a precipitação no Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.1, 70 - 87, 2010

MAIDMENT, D.R. GIS and hydrologic modeling. In: GOODCHILD, M.F.; PARKS, B.O.; STEYAERT, L.T.; ed. **Environmental modeling with GIS**. New York, Oxford University Press, 1993. Cap. 14, p. 147-167.

MANN, H. B., **Non-parametric test against trend**, *Econometrica*, 13, 245-259, 1945.

MANNING, J.C. **Applied Principles of Hydrology**. 3 ed., Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall. 1997. 276p

MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas, Condições Meteorológicas Extremas e Eventos Climáticos no Brasil**. FBDS (org) Mudanças Climáticas Eventos Extremos no Brasil. p: 05-19. FBDS & LLOYD'S. 2010.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. **Avaliação de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes povoamentos florestais**. Cerne, v. 8, p. 32-41, 2002.

MARTINS, A. P.; ROSA, R. **Caracterização climática da bacia do Rio Paranaíba a partir da rede de estações de superfície automática do INMET (2001-2011), utilizando ferramentas do geoprocessamento**. In: Revista Geonorte, Edição Especial 2, v.2, n.5, 2012, p. 1303-1316.

MATEO, J. **Apuntes de Geografía de Los Paisajes**. La Habana: Universitaria, 1984.194p.

MATEO, J. **Geocología de los Paisajes**. Universidad Central de Caracas. 1991.

MEDEIROS, F. S. B.; BIANCHI, R. C. **A Aplicação do Método Regressão Linear Simples na Demanda de Produtos Sazonais: Um Estudo de Caso**. *Disciplinarum Scientia*. Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 35-53, 2009.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. - São Paulo, SP, Brasil: Edgard Blucher, 2006. - 2: Vol. 1. - 978-85-212-0389-6.

MORTATTI, J.; BORTOLETTO JÚNIOR, M.J.; MILDE, L.C.E.; PROBST, J.L. **Hidrologia dos rios Tietê e Piracicaba: series temporais de vazão e hidrogramas de cheia**. Revista de Ciência e Tecnologia, v. 12, n. 23, p. 55-67, 2004.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. (2016). Disponível em:<http://www.mma.gov.br/>. Acesso em 09 de agosto de 2016.

MELO, H. A. **Integração entre Modelos Hidrológicos e Sistemas de Informações Geográficas: Uma Avaliação Metodológica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG 2010.

MENDES SILVA, M. **Variabilidade do início e fim da estação chuvosa e ocorrência de veranicos na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba.** 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

MENDES SILVA, M.; FERREIRA, V. de O.; BRITO, J. L. S. **Reconhecimento de possíveis influências dos eventos El Niño e La Niña no regime pluviométrico da bacia do rio Araguari, Minas Gerais.** In. *Revista Geonorte*, Edição Especial 2, v.1, n.5, 2012, p.754-765.

MENDONÇA, A. S. F. Quantificação dos Recursos Hídricos – Razões para Quantificação. In: Paiva, J. B. D.; Paiva, E. M. C. D. **Hidrologia Aplicada a Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2003.

MYERS, N.; RUSSELL A. MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.

MONTEIRO NETO, A.; GOMES, G.M. **Quatro Décadas de Crescimento Econômico no Centro-Oeste Brasileiro: Recursos Públicos em Ação.** Texto para Discussão no 712. DIPRU/IPEA. Brasília, 2000.

MOTA, N.M.B (2003). **Ensaio Avançado de Campo na Argila Porosa Não Saturada de Brasília:** Interpretação e Aplicação em Projetos de Fundação. Tese de Doutorado, publicação G.TD-013A/03, Departamento de engenharia civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 335p.

MOREIRA, M. S. **Estratégia e Implantação do Sistema de Gestão Ambiental: Modelo ISO 14000.** 3.ed. Minas Gerais: INDG TecS, 2006.

MORTATTI, J.; BORTOLETTO JÚNIOR, M.J.; MILDE, L.C.E.; PROBST, J.L. Hidrologia dos rios Tietê e Piracicaba: series temporais de vazão e hidrogramas de cheia. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 23, p. 55-67, 2004

NAGUETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística.** Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NISHIJIMA P. S. T. **Petrografia e geoquímica dos Kimberlitos Forca e Facão.** Província Ígnea do Alto Paranaíba. Trabalho de Conclusão de Curso do IG – UNICAMP, 52p.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada.** 3.ed. Piracicaba, FealQ, 2008. 592p

PAIVA, F. M. **Estudo comparativo entre três modelos de base física na modelagem hidrossedimentológica em microbacias na região semi-árida paraibana /** Fernanda Maria de Lima Paiva – Campina Grande: UFCG, 2008. 175p. (Dissertação de Mestrado)

PAIVA, E. M. C. D. PAIVA, J. B. D. Reinert, D. J. **Estimativa do assoreamento do reservatório do DNOS, em Santa Maria**, RS. XVII Congreso Nacional Del Agua, II Simpósio de Recursos Hídricos Del Conosur, Santa Fé – Argentina, 3 al 7 de agosto de 1998, p. 540.

PARKER, D.B.; MICHEL, T.G.; SMITH, J.L. **Compaction and water velocity effects on soil in shallow flow**. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v.121, n.2, p.170-8, 1995.

PEDROSO, I. L. P. B.; SILVA, A. R. P. da. **As transformações da agricultura do sudoeste de goiás: da agropecuária extensiva a formação de cluster de grãos**. 2005. Disponível em: [www.sober.org.br/palestra/2/166.pdf](http://www.sober.org.br/palestra/2/166.pdf). Acesso em: 02 de out de 2016

PEREIRA, B. B.; PAIS, M. B. Z.; SALES, P. R. H. **Análise espectral de séries temporais: uma introdução para Engenharia, Economia e Estatística**. Rio de Janeiro: Arte Final Leasing Editorial; Eletrobrás S.A., 1986. 108p.

PIMENTEL M.M., Fuck R. A.; Gioia S.M.C.L. 2000. **The neoproterozoic Goiás Magmatic Arc**, central Brazil: A review and new Sm-Nd isotopic data. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(2):35-39.

PIRES, J.R.S. & SANTOS, J.E. dos. **Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento**. *Ciência hoje*, v.19, n.110, p.40-45. (1995).

PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 687-695, abr., 2006.

PISSARRA, T. C. T., **Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas da ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

POLITANO, W.; LATANZE, R.J.; LOPES, L.R.; AMARAL, C.; CORSINI, P.C.; SILVA, G.W. de L. **Ocupação do solo e estados da erosão acelerada no município de Mococa, SP**. *Revista de Geografia*, São Paulo, v.11, p.47-61, 1992.

POMPEU, C. T. **Direito de águas no Brasil**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2006.

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PARANAÍBA- PRHBP. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2011. Rp- 03. Parte A. Agência Nacional de Águas-ANA contrato nº 012/ANA/2010.

PLOSZAI, R. **Análise de tendências no regime de chuvas em Curitiba, usando cenários de modelos climáticos regionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná. (2014).

PRUSKI, F.F.; SILVA, D. D.; KOETZ, M. **Estudo da vazão em cursos d'água**. Viçosa: Engenharia na Agricultura. Caderno didático: 43. Associação Mineira de Engenheiros Agrícolas, UFV, 2006.151p.

PRUSKI, F.F.; PRUSKI, P.L. **Tecnologia e inovação frente a gestão de recurso hídricos**. In: Medeiros, S. de S., Gheyi, H.R, Galvão, C. de O., Paz, V.P.S. (Eds), Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, 27-58. 2011.

PRUSKI, F.F.; NUNES, A.A.; REGO, F. S.; SOUZA, M. F. **Extrapolação de equações de regionalização de vazões mínimas**: Alternativas para atenuar os riscos. Water Resources and Irrigation Management, v. 1, p. 51-59, 2012.

QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D.; VILAS BOAS, M. A. **Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural**. Revista Verde, Mossoró, RN, Brasil, v. 5, n. 4, p. 200-210, 2010.

REISEN, V. A., MOLINARES, F. A. F., TEIXEIRA, E. C. (2008). **Modelagem de séries temporais sazonais na presença de outliers**: estudo de caso da vazão máxima mensal do rio Jucu, ES, Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 13(2), 45–53.

RICCOMINI, C.; NEVES, F.A.P.S.; TURCQ, B. 1992. Astroblema de Colônia (São Paulo, Brasil): estágio atual de conhecimento. Congresso Brasileiro de Geologia, 37. SBG. Roteiro de Excursão v.3. 15 p.

RIBEIRO, C. V., GOLDSCHMIDT, R. R., CHOREN, R. **Método para previsão de séries temporais e suas tendências de desenvolvimento**. 2009, 26f. Monografia (Ciência da Computação) – Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro, 2009.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. et al (Org.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2008, Cap.6, p. 153-205.

ROCHA, O; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J.E. dos. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: **A bacia hidrográfica do rio monjolinho**: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. São Paulo: RIMA, 2000. p.1-16.

RODRIGUES, I. O. M., BOTELHO R. de., MACHADO R. G. FIGUEIREDO A. Zoneamento Ecológico Econômico da Bacia do Rio Paranaíba: Um foco nos Cerrados do Sul do Piauí e Maranhão. **IX Simpósio Nacional Cerrado**: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília: DF.2008.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 2ªed. rev. Uberlândia. Ed. Universidade Federal de Uberlândia, 1992. Santa Maria – Edições UFSM, 1991. 181p.

ROSA, Roberto. SANO, Edson Eyji. Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Paranaíba. **Campo-Território**, v. 9, n. 19, p. 32-56, out., 2014

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SALVIANO, M. F., GROPPPO, J. D., & PELLEGRINO, G. Q. (2016). **Trends Analysis of Precipitation and Temperature Data in Brazil**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(1), 64-73.

SANTOS, E.H.M.; GRIEBELER, N.P.; OLIVEIRA, L.F.C. **Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.8, 826-834. 2010.

SANTOS, J. G. **Variabilidade Pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2015.

SERRA FILHO, R.; CAVALLI, A.C.; GUILLAUMON, J.R.; CHIARINI, J.V.; NOGUEIRA, F.P.; IVANCKO, C.M.A.M.; BARBIERI, J.L.; DONIZELI, P.L.; COELHO, A.G.S.; BITTENCOURT, I. **Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo**. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, v.11, p.1-56. 1975.

SILVA, L. C. N.; FERNANDES, A. L. V.; OLIVEIRA, W. **Análise de uso de ocupação do solo na microbacia Dom Tomaz no município de Três Lagoas, MS**. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1, 2007, Taubaté. Anais Taubaté: IPABHi, 2007. p. 325-330.

SILVA, L. et al. Caracterização geomorfométrica e mapeamento dos conflitos de uso na bacia de drenagem do Açude Soledade. Recife. 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física 03**. Disponível em: < <http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewFile/80/117>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2017.

SILVA, I. C.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, T. F. **Evidências da degradação ambiental na mata ciliar do rio Itapororoca, no município de Itapororoca/PB**. *Revista Geonorte*, Edição Especial, v. 1, n. 4, p. 663 – 675, 2012.

SILVEIRA, A. L. L. (2000). **Simulação Hidrológica Estocástica. Apostila da disciplina Séries Temporais Hidrológicas e Ecológicas**. PPG-IPH. Porto Alegre.

SMAKHTIN, V.U. **Low flow hydrology: a review**. *Journal of Hydrology*. v.240, 147-186. 2001.

SOUZA, R. B.; SANTOS, R. S.. **Análise de séries temporais e previsão: um estudo de aplicação prática no consumo mensal de energia elétrica da região Norte do Brasil**. In: XIV Semana de Matemática e IV Semana de Estatística, 2014, Ji - Paraná - RO. XIV Semana de Matemática e IV Semana de Estatística, 2014.

SOUZA, K. B. **Influência uso e ocupação do solo na vazão da Bacia do Rio Uruçuí-Preto, PI**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI, 2015.

SOUZA de, J. B.; SOUZA de, C.A. **Usos do solo na bacia hidrográfica do Rio Jauru/MT e os impactos associados**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE REDUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: ÁGUAS E BIODIVERSIDADE - TRABALHOS VOLUNTÁRIOS, 5., 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p.60-62.

SPIEGEL, M.R. **Estatística: resumo da teoria**. 2.ed. São Paulo: Coleção Schãum, Editora McGrawHill do Brasil, LTDA, 1977. 580 p.

SPOHR, R.B.; CARLESSO, R.; GALLÁRRETA, C.G.; PRÉCHAC, F.G.; PETILLO, M.G. **Runoff modeling from soil physical characteristics in different places in Uruguay**. *Ciência Rural*. v.39, n.1, p.74-81. 2009.

STEYAERT, L.T. A perspective on the state of environmental simulation modeling. In: GOODCHILD, M.F.; PARKS, B.O.; STEYAERT, L.T.; ed. **Environmental modeling with GIS**. New York, Oxford University Press, 1993. Cap. 3, p. 16-30.

STOHLGREN, T. J., CHASE, T. N., PIELKE Sr., R. A., KITTEL, T. G. F., BARON, J. S, 1998: **Evidence that local land use practices influence regional climate, vegetation, and flow patterns in adjacent natural areas**. *Global Change Biology*, 4, 495-504.

STURGES, H. A. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*, New York, v. 21, n. 153, p. 65-66, mar. 1926.

TATSCH, J. D. **Controle e uso da terra no clima e no regime hidrológico da Bacia do Rio Mogi-Guaçú**. Doutorado em ciências atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011.

TIBULO, C.; CARLI, V. de.; ZANINI, R. R (2014) **Modelos de séries temporais aplicados a dados de umidade relativa do ar**. *Espacios*, v. 35, n. 6.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2007. 190 p

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 669 p.1998.

TUCCI, C. E.M. **Regionalização de Vazões**, Porto Alegre: ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica- Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. Instituto de pesquisas hidráulicas/ UFRGS. 168p, 2000.

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre, Editora Universidade UFRGS. 2002. 256 p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – ABRH. 669 p. 2ª Edição. Porto Alegre, 2005.

TUNDISI, J. G. et al. **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**. s. l.: IIE, IIEGA, Eutrosul, 2006a. 532p.

\_\_\_\_\_. Reservatórios da Região Metropolitana de São Paulo: consequências e impactos da eutrofização e perspectivas para o gerenciamento e recuperação. In: \_\_\_\_\_. **Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologias para gerenciamento e controle**. s. l.: IIE, IIEGA, Eutrosul, 2006b. p.161-82

UNRUG R. 1992. **The Supercontinent Cycle and Gondwana land assembly**: component crátons and the timing of suturing events. *Journal of Geody Namics*,16:215-240

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007, 588 p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

WEI, W. (2006). **Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods**. New York: Addison Wesley.

ZANETTI, S. S. **Modelagem hidrológica em microbacia hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2007.