

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICIAG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL

MARAÍNA SOUZA MEDEIROS

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO E AÇÕES DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL EM ESCOLAS DO CAMPO DE UBERLÂNDIA-MG**

UBERLÂNDIA
2017

MARAÍNA SOUZA MEDEIROS

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO E AÇÕES DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL EM ESCOLAS DO CAMPO DE UBERLÂNDIA-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sheila Cristina Canobre
Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Do Amaral

UBERLÂNDIA

2017

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

M488q Medeiros, Maraína Souza, 1992-
2017 Qualidade da água de consumo e ações de educação ambiental em
escolas do campo de Uberlândia-MG / Maraína Souza Medeiros. - 2017.
190 f. : il.

Orientadora: Sheila Cristina Canobre.
Coorientador: Fábio Augusto do Amaral.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
Inclui bibliografia.

1. Qualidade ambiental - Teses. 2. Água - Qualidade - Uberlândia
(MG) - Zona rural - Teses. 3. Educação ambiental - Teses. I. Canobre,
Sheila Cristina. II. Amaral, Fábio Augusto do. III. Universidade Federal
de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.
IV. Título.

MARAÍNA SOUZA MEDEIROS

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO E AÇÕES DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL EM ESCOLAS DO CAMPO DE UBERLÂNDIA-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 01 de Fevereiro de 2017.

Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva

UFOP

Prof^a. Dr^a. Viviani Alves de Lima

UFU

Prof^a. Dr^a. Sheila Cristina Canobre
INSTITUTO DE QUÍMICA-UFU
(orientadora)

*para que essa conquista fosse possível!
Medeiros, por todo o incentivo e ajuda
Souza Medeiros e Jaqueleine Souza
Medeiros, e as minhas irmãs, Janaina
Wallerson José Medeiros e Marita Souza
Dedico este trabalho aos meus pais,*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado saúde e sabedoria para superar todas as adversidades e conseguir chegar onde eu estou.

Minha gratidão, em especial, à minha família, que sempre me apoiou, mesmo em situações difíceis, para que eu concretizasse mais esse sonho.

Aos meus colegas de mestrado agradeço por tê-los conhecido e compartilhado vários momentos de troca de conhecimentos e também de descontração. De maneira muito especial, agradeço ao meu amigo e companheiro de mestrado, Adilson Correia Goulart, que foi o único responsável por me impulsionar a dar mais esse passo na minha vida profissional e, além de tudo, soube me ouvir e dar recomendações tanto nos momentos laboriosos quanto ditosos da minha pesquisa. O meu mais sincero obrigada!

A esta universidade e todo seu corpo docente e técnicos administrativos, que de maneira direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação acadêmica durante as aulas, pesquisas laboratoriais e de campo. Sobretudo agradeço ao professor Doutor Bruno Teixeira Ribeiro, pela orientação inicial que me possibilitou conhecer sobre fitofisionomias do Cerrado (Veredas) e também pelo seu exemplo de profissional dedicado, atencioso e rigoroso com relação aos seus orientandos. Muito obrigada! Ao professor Doutor Helder Eterno da Silveira agradeço pelos ricos ensinamentos e dicas de escrita que me concedeu para o desenvolvimento do artigo científico referente ao Capítulo 3 deste trabalho. Muito obrigada por tudo!

Agradeço imensamente às três escolas do campo da região de Uberlândia-MG (professores, alunos, gestores e funcionários em geral) que abraçaram a proposta do projeto com muito carinho e seriedade, e que possibilitaram a concretização desse trabalho de cunho social e ambiental. Muito obrigada!!!

Deixo também um muito obrigada aos estudantes de iniciação científica do LAETE, Ingrid, Layla, Edyane, Andressa, Luis Fernando, Igor e Felipe, e aos estudantes de pós-graduação do LAFOT, Lidiane e Werick, pela dedicação e esforço em me auxiliar durante as análises laboratoriais e coletas em campo. Sem vocês nada disso seria possível. Muito obrigada!!!

Aos professores Doutores Sheila Cristina Canobre e Fábio Augusto do Amaral, orientadora e co-orientador respectivamente, por vossas atenções, dedicações e esforços para que eu pudesse ter confiança e segurança na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS	v
RESUMO GERAL	vi
GENERAL ABSTRACT	vii
CAPÍTULO 1	01
1 INTRODUÇÃO GERAL	01
1.1 Problema de pesquisa	07
1.2 Objetivos	07
1.2.1 Geral	07
1.2.2 Específicos	07
2 REFERENCIAL TEÓRICO	09
2.1 Importância da água e os impactos ambientais decorrentes da contaminação e poluição dos recursos hídricos	09
2.2 A problemática da falta de saneamento básico na zona rural e suas soluções alternativas	13
2.3 Educação Ambiental como estratégia de conscientização sobre o tema gerador “água”	16
2.4 As escolas do campo	20
REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO 2: Qualidade da água subterrânea utilizada para consumo humano em escolas do campo de Uberlândia-MG	30
RESUMO	30
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO	32
1.1 Problema de pesquisa	34
1.2 Objetivos	34
1.2.1 Geral	34
1.2.2 Específicos	35
2 REFERENCIAL TEÓRICO	36
2.1 Água no contexto da zona rural	36
2.2 Água no contexto das escolas do campo	39

2.3 Qualidade da água para consumo humano	40
2.3.1 Parâmetros de potabilidade da água.....	41
2.3.1.1 Físicos	42
2.3.1.2 Químicos	44
2.3.1.3 Microbiológico.....	47
3 MATERIAL E MÉTODOS	49
3.1 Delineamento do estudo	49
3.2 Caracterização do município de Uberlândia-MG	49
3.2.1 Caracterização das escolas do campo monitoradas.....	51
3.2.2 Períodos e métodos de amostragem da água das escolas.....	52
3.3 Métodos analíticos para determinação da qualidade da água de consumo.....	54
3.3.1 Parâmetros físicos	54
3.3.2 Parâmetros químicos	55
3.3.3 Parâmetro microbiológico.....	58
3.3.4 Tratamento estatístico dos dados	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1 Quadro higiênico-sanitário das escolas do campo da região de Uberlândia-MG	62
4.2 Análise descritiva da qualidade da água subterrânea utilizada para o consumo humano nas escolas do campo da região de Uberlândia-MG	66
4.1.1 Qualidade física.....	66
4.1.2 Qualidade química	75
4.1.3 Qualidade microbiológica	85
4.3 Análise multivariada das variáveis físicas, químicas e microbiológica.....	88
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS.....	92
CAPÍTULO 3: Água e Educação Ambiental: estratégias pedagógicas para a conscientização de alunos de escolas do campo de Uberlândia-MG.....	98
RESUMO.....	98
ABSTRACT.....	99
1 INTRODUÇÃO	100
1.1 Problema de pesquisa	107
1.2 Objetivos	107
1.2.1 Geral	107
1.2.2 Específicos	107

2 REFERENCIAL TEÓRICO	109
2.1 A importância da Educação Ambiental	109
2.2 Práticas da Educação Ambiental no Ensino Fundamental	111
2.2.1 Estudos sobre Educação Ambiental no Ensino Fundamental brasileiro.....	114
2.2.2 Estudos sobre Educação Ambiental no Ensino Fundamental mineiro	116
2.3 Ações de Educação Ambiental na escola aliadas ao tema “água”	117
3 CAMINHO METODOLÓGICO	121
3.1 Escolas do campo e públicos alvo	121
3.2 Elaboração e aplicação de questionário prévio aos (as) diretores (as) responsáveis pelas escolas do campo	122
3.3 Planejamento das atividades de Educação Ambiental (EA) conforme respostas dos questionários pelas unidades escolares	122
3.3.1 Atividades pedagógicas e recursos didáticos utilizados	123
3.4 Análise dos dados	125
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	127
4.1 Análise da estratégia pedagógica adotada para o Grupo I	127
4.2 Análise da estratégia pedagógica adotada para o Grupo II.....	131
4.3 Análise da estratégia pedagógica adotada para o Grupo III	134
4.4 Análise da estratégia pedagógica adotada para o Grupo IV	138
5 SUGESTÕES DE ATIVIDADES FUTURAS DE EA PARA AS ESCOLAS DO CAMPO	143
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	144
REFERÊNCIAS	146
APÊNDICE A – Formulário de descrição do sistema de captação, armazenamento e distribuição da água de consumo humano das escolas do campo monitoradas.....	152
APÊNDICE B – Formulário para coleta de dados pelos (as) diretores (as) das escolas do campo selecionadas para o estudo	153
APÊNDICE C – Planos de aula sobre o tema “água”	155
APÊNDICE D - Cartilha educativa produzida sobre os temas abordados em sala de aula como proposta de atividade futura para ser utilizada pelos professores regentes das Escolas do Campo.....	166

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Temas geradores relacionados ao assunto “escassez de água”	18
FIGURA 2 – Mapa de localização geográfica da cidade de Uberlândia-MG	23
FIGURA 3 - (A) Relevo ondulado; (B) Reflorestamento com eucaliptos; (C) Fitofisionomia de veredas (predominam solos hidromórficos); (D) Solo vermelho-amarelo distrófico	50
FIGURA 4 – Uso e tipo do solo, relevo e vegetação predominantes no entorno das escolas do campo monitoradas no presente estudo. (A) Entorno da Escola do Campo A; (B) Entorno da Escola do Campo B; (C) Entorno da Escola do Campo C	51
FIGURA 5 – Pontos de amostragem da Escola do Campo A. (A) Torneira da cozinha; (B) Bebedouro dos alunos; (C) Bebedouro – filtro dos alunos; (D) Caixa d’água do poço artesiano; (E) Torneira da caixa d’água	53
FIGURA 6 – Pontos de amostragem da Escola do Campo B. (A) Torneira da cozinha; (B) Bebedouro dos alunos; (C) Bebedouro – filtro dos professores; (D) Caixa d’água do poço artesiano; (E) Torneira da caixa d’água	53
FIGURA 7 – Pontos de amostragem da Escola do Campo C. (A) Torneira da cozinha; (B) Bebedouro dos alunos; (C) Bebedouro – filtro dos professores; (D) Caixa d’água do poço artesiano; (E) Torneira da caixa d’água	54
FIGURA 8 – Frascos de coleta adotados para os parâmetros físico-químicos (A) e microbiológico (B).....	54
FIGURA 9 – Sistemas de captação da água das escolas do campo monitoradas. (A) Bombas dosadoras de cloro e sistema de captação de água desativado na Escola do Campo A; (B) Sistema de captação de água da Escola do Campo B; (C) Sistema de captação de água da Escola do Campo C	63
FIGURA 10 – Sistemas de armazenamento de água das escolas do campo. (A) Reservatório da Escola do Campo A; (B) Reservatório da Escola do Campo B; (C) Reservatório da Escola do Campo C	65
FIGURA 11 - (A) Destinação dos resíduos sólidos da Escola do Campo A; (B) Destinação dos resíduos sólidos e sistemas de coleta do esgoto sanitário da Escola do Campo B; (C) Destinação dos resíduos sólidos da Escola do Campo C	66
FIGURA 12 – Valores médios de turbidez da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	68

FIGURA 13 – Valores médios de cor aparente da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	69
FIGURA 14 – Valores médios de condutividade elétrica da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	70
FIGURA 15 – Valores médios de temperatura da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	71
FIGURA 16 – Valores médios de pH da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	75
FIGURA 17 – Valores médios de STD da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	76
FIGURA 18 – Valores médios de salinidade da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	77
FIGURA 19 – Valores médios de dureza total da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	78
FIGURA 20 – Valores médios de ferro total da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	79
FIGURA 21 – Valores médios de COT da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.....	80
FIGURA 22 – Valores médios de cloro residual da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas	
.....	81
FIGURA 23 - (A) Atividade didática “Água no corpo” realizada pela Escola do Campo B. (B) Atividade didática “Água no corpo” realizada pela Escola do Campo C. (C) Corpo humano pintado 100% por um dos grupos da Escola do Campo B.....	130
FIGURA 24 - (A) Atividades didáticas “Para que serve a água?” e “Água poluída, contaminada e limpa” da Escola do Campo A. (B) Atividades didáticas “Para que serve a água?” e “Água poluída, contaminada e limpa” da Escola do Campo B. (C) Atividade didática “Para que serve a água?” da Escola do Campo C. (D) Colagem da figura da Peppa na água limpa. (E) Lembrancinha entregue a todos os alunos de todas as escolas do campo.....	134
FIGURA 25 – Gráfico das respostas dos alunos (4º e 5º anos) obtidas na pergunta discursiva da atividade didática “Jogo de perguntas e respostas”.....	136

FIGURA 26 – Gráfico das respostas dos alunos (6º e 7º anos) obtidas na pergunta discursiva da atividade didática “ <i>Jogo de perguntas e respostas</i> ”.....	136
FIGURA 27 – Gráfico das respostas dos alunos (8º e 9º anos) obtidas na pergunta discursiva da atividade didática “ <i>Jogo de perguntas e respostas</i> ”.....	140
FIGURA 28 - (A) Educador ambiental apresentando a atividade didática “ <i>Experimento prático sensorial das características da água</i> ” na Escola do Campo A. (B) Aluna da Escola do Campo A realizando a atividade didática “ <i>Jogo de perguntas e respostas</i> ”. (C) Educadora ambiental avaliando as respostas dos alunos da Escola do Campo B na atividade didática “ <i>Jogo de perguntas e respostas</i> ”. (D) Educadora ambiental apresentando a atividade didática “ <i>Experimento prático sensorial das características da água</i> ” para os alunos da Escola do Campo B. (E) Educadora ambiental apresentando os temas aos alunos da Escola do Campo C. (F) Alunos da Escola do Campo C realizando a atividade didática “ <i>Jogo de perguntas e respostas</i> ”.....	141

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Principais fontes potenciais de contaminação de mananciais subterrâneos	37
TABELA 2 – Classificação de dureza da água.....	57
TABELA 3 – Métodos analíticos adotados para determinação de parâmetros físicos, químicos e microbiológico da água de consumo de três escolas do campo da região de Uberlândia, MG	60
TABELA 4 – Estatística descritiva das variáveis físicas das águas de consumo das escolas do campo, com base nas médias obtidas das três repetições realizadas em laboratório nas duas coletas	73
TABELA 5 – Estatística descritiva das variáveis químicas da água de consumo das escolas do campo, com base nas médias obtidas das três repetições realizadas em laboratório nas duas coletas	83
TABELA 6 – Resultados das análises microbiológicas de amostras de água de consumo em quatro pontos de amostragem de três escolas do campo selecionadas para o estudo, em relação ao número de <i>Escherichia coli</i>	87
TABELA 7 – Correlações de Pearson (r) entre os parâmetros físicos, químicos e microbiológico analisados na água dos poços das três escolas do campo.....	88
TABELA 8 – Diagnóstico da realidade das escolas do campo de Uberlândia-MG selecionadas para o estudo	121
TABELA 9 – Planejamento das atividades de EA por grupos e temas abordados.....	123
TABELA 10 – Descrição dos recursos pedagógicos estruturados conforme a divisão de grupos escolares	124
TABELA 11 – Atividades pedagógicas discutidas e planejadas junto aos professores, e adotadas nesse estudo	125

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	American Public Health Association
CE	Condutividade Elétrica
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COT	Carbono Orgânico Total
EA	Educação Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
INEP	Instituto Nacional de Estudo e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
ITB	Instituto Trata Brasil
LAETE	Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluentes
LAQUA	Laboratório de Qualidade da Água
LAFOT	Laboratório de Fotoquímica
MEC	Ministério da Educação
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

MEDEIROS, MARAÍNA SOUZA. **Qualidade da água de consumo e ações de Educação Ambiental em escolas do campo de Uberlândia-MG.** 2016. 190p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG¹.

A água é um recurso natural limitado indispensável para a existência de vida na Terra, porém sua qualidade inferior pode trazer efeitos deletérios à flora, à fauna e a biota. Em áreas rurais, especificamente, o esgoto doméstico, os dejetos animal, e os defensivos e fertilizantes agrícolas são as principais fontes pontuais de poluição dos recursos hídricos (mananciais superficiais e subterrâneos). Nesse cenário, escolas e propriedades rurais sofrem com a ausência de saneamento básico e, por isso, recorrem ao sistema de captação de água subterrânea (poços artesianos) para fins de consumo e higienização. Geralmente, a única etapa de tratamento dessa água é apenas a cloração e quando é possível. Como consequência disso, vários problemas salutares podem acontecer, dentre eles, o desempenho escolar reduzido dessas crianças, em função do consumo dessa água provavelmente imprópria. Nesse sentido, este trabalho realizou um diagnóstico da qualidade da água destinada ao consumo humano e também aquela utilizada no preparo da merenda de alunos em três escolas do campo de Uberlândia-MG. Além disso, foram avaliadas as condições higiênico-sanitárias do sistema de captação, armazenamento e distribuição utilizado, verificando sua relação com a qualidade da água. Ademais, foram realizadas ações interventivas de Educação Ambiental para alunos dessas escolas no intuito de conscientizá-los sobre a importância da qualidade da água. Quanto ao diagnóstico da qualidade da água, foram coletadas as amostras em quatro pontos de amostragem distintos, desde o sistema de armazenamento até a distribuição e consumo de água. Desses amostras foram analisados parâmetros físicos (cor aparente, turbidez, condutividade elétrica e temperatura), químicos (pH, sólidos totais dissolvidos, salinidade, dureza total, ferro total, carbono orgânico total e cloro residual) e microbiológico (*E. coli*) para determinação da qualidade da água fornecida nas escolas. Por fim, foram elaboradas e aplicadas estratégias pedagógicas sobre a temática água (importância, desperdício em atividades cotidianas, poluição e contaminação, e doenças de veiculação hídrica), com base na idade escolar do público alvo, a fim de potencializar a conscientização ambiental da comunidade local. As atividades didáticas foram desenvolvidas de forma interativa com os educandos, dando ênfase ao método de pesquisa-ação de caráter participante, promovendo a troca de conhecimentos científicos pelos educadores ambientais com os conhecimentos do senso comum dos alunos. Assim, os dados analíticos obtidos foram confrontados com as legislações vigentes (Portaria nº 2.914/2011, Resolução 357 de 2005, CONAMA e Resolução 396 de 2008, CONAMA) e, dessa forma, foi constatado se a água fornecida nas escolas está apta para o consumo humano. Ademais, as atividades didáticas de EA empregadas visaram obter uma maior conscientização ambiental de educandos que residiam nas localidades rurais.

Palavras-chave: Água de consumo, Educação Ambiental, Zona rural.

¹ Comitê Orientador: Sheila Cristina Canobre – UFU e Fábio Augusto do Amaral – UFU.

ABSTRACT

MEDEIROS, MARAÍNA SOUZA. **Quality of drinking water and environmental education in schools in the field of Uberlândia-MG.** 2016. 190p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG².

Water is a limited natural resource which is indispensable to the existence of life on Earth, but its lower quality may bring harmful effects on flora, fauna and biota. In rural areas, specifically, the domestic sewage, animal waste, and agricultural fertilizers and pesticides are the main pollution point sources of water resources (surface and underground springs). In this scenario, schools and farms suffer from the absence of basic sanitation and, therefore, resort to the system of underground water (artesian wells) for purposes of consumption and cleaning. Generally, the only step of treatment of this water is only chlorination and when it is possible. As a result, several problems can happen, including, salutary reduced the academic performance of these children, depending on the consumption of water probably improper. In this sense, this work carried out a diagnosis of the water quality intended for human consumption and also that used in meals preparation of students in three rural schools of Uberlândia-MG. In addition, the conditions were evaluated sanitary hygienic catchment system, storage, and distribution used by checking its relationship with water quality. As for the diagnosis of water quality samples were collected in four different sampling points, since the storage system to the distribution and consumption of water. These samples were analyzed physical parameters (color, turbidity, electrical conductivity and temperature), chemical (pH, total dissolved solids, salinity, total hardness, total iron, total organic carbon and residual chlorine) and microbiological (e. coli) for determining the water quality supplied in schools. Finally, pedagogical strategies on water have been prepared and applied (importance, waste in everyday activities, pollution and contamination, and water-borne diseases), based on the target audience-school age, in order to enhance the environmental awareness of the local community. The educational activities were developed in an interactive way with learners, giving emphasis to the action research of the participant character, promoting the exchange of scientific knowledge by environmental educators with common sense knowledge of students. Thus, the analytical data obtained were confronted with the current legislation (Ordinance No. 2,914/2011, 357 of CONAMA Resolution 2005, and Resolution 396 of 2008, CONAMA) and thus was found if the water supplied in schools are fit for human consumption. In addition, the didactic activities of EE used aimed at obtaining a greater environmental awareness of students who lived in the rural localities.

Keywords: Drinking water, Environmental education, Rural Area.

² Comitê Orientador: Sheila Cristina Canobre – UFU e Fábio Augusto do Amaral – UFU.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A água é um recurso que ocupa em torno de 75% da superfície terrestre e é considerada uma substância inorgânica de vital importância na composição da matéria viva, constituindo cerca de dois terços do corpo humano e em certos animais aquáticos, legumes, frutas e verduras pode atingir até 98% de sua composição. Além disso, constitui-se no solvente universal da maioria das substâncias, atuando como meio de transporte de agentes químicos e/ou biológicos – (em escoamento superficial e subterrâneo) – podendo alterar temporal e espacialmente as características desse corpo d’água, e influenciar e ser influenciada pelo metabolismo dos organismos aquáticos que nela vivem (LIBÂNIO, 2010).

Apesar de existir em grandes proporções, muitos habitantes ainda sofrem com a inexistência de quantidades de água condizentes com os parâmetros de potabilidade exigíveis para fins de consumo humano. Portanto, tão importante quanto à disponibilidade desse recurso, é a qualidade da água. Problemas relacionados com a poluição dos corpos d’água foram observados, principalmente, depois da Segunda Guerra Mundial, quando se verificou um aumento significativo dos processos de urbanização e industrialização. O aporte de poluentes em águas superficiais e subterrâneas está associado a fontes pontuais e difusas, tais como: (1) Descarga de efluentes de origem industrial ou doméstica; (2) Escoamento superficial urbano; (3) Escoamento superficial de áreas agrícolas; (4) Deposição atmosférica (seca e úmida); entre outros. Como consequência dessa poluição, a água se tornou um dos principais vetores de transmissão de doenças devido aos microrganismos patogênicos presentes em excrementos de animais e seres humanos, podendo ser bactérias, parasitas, vírus ou outros patógenos. Ademais, os elementos-traço presentes em efluentes e agrotóxicos, quando aportam os sistemas aquáticos, são responsáveis pela intoxicação de toda cadeia trófica pela biomagnificação (GRASSI, 2001). O termo elemento-traço tem sido usado para definir metais catiônicos e oxiâniões presentes em baixas concentrações (usualmente $< 0,1 \text{ dag kg}^{-1}$) em solos e plantas (PIERZYNSKI et al., 1994; SPARKS, 1995; ESSINGTON, 2004).

A qualidade indispensável à água fornecida para fins de consumo humano (ingestão, preparação e produção de alimentos e higiene pessoal) é a potável, isto é, aquela submetida a processos físicos e/ou químicos para o devido tratamento e

desinfecção e que atenda ao padrão de potabilidade prescrito pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). A potabilidade da água é alcançada mediante as tecnologias de tratamento da água bruta, abarcando um conjunto de processos e operações fisico-químicas.

Os parâmetros básicos físico-químicos, segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde, que diagnosticam a qualidade da água para fins de consumo humano são: (1) Turbidez (indicador sanitário referente à remoção de partículas em suspensão que são responsáveis por proteger os microrganismos patogênicos da ação dos desinfetantes – portanto, é considerado como um dos componentes do padrão microbiológico da água); (2) Cloro residual (indicador da eficiência do processo de desinfecção da água sendo, portanto, considerado um padrão de potabilidade microbiológica); (3) Fluoretos (indicador sanitário devido à adição de flúor após o tratamento da água para fins de cumprimento da legislação do MS no combate à cárie); (4) Cor aparente (parâmetro que está associado à presença de matéria orgânica, metais como ferro e manganês e resíduos industriais fortemente coloridos – entretanto, cor elevada indica a presença de substâncias orgânicas que formam trihalometanos, subproduto tóxico do processo de cloração); (5) pH (é um parâmetro-chave no controle do processo de coagulação na Estação de Tratamento de Água – ETA e, principalmente, no controle da desinfecção, pois pH elevado favorece a perda de eficiência da cloração); (6) Ferro e Manganês (ambos os metais originam-se da dissolução de compostos de rochas e solos – sais desses elementos, quando oxidados, formam precipitados e conferem sabor e coloração a água de consumo que podem provocar manchas em sanitários e roupas); (7) Alumínio (devido a sua adição no tratamento da água é recomendado no sistema de distribuição um valor abaixo de 0,2 mg/L, pois acima disso provoca a formação de flocos de Hidróxido de Alumínio) e; (8) Cloretos (podem estar presentes em águas devido, principalmente, ao despejo de efluentes industriais e domésticos, funcionando, assim como indicador auxiliar de contaminação e/ou poluição – altas concentrações de cloretos em água de consumo provoca aumento do sabor) (BRASIL, 2006).

Levando em consideração os parâmetros físico-químicos considerados básicos para diagnóstico da qualidade da água de consumo segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde (BRASIL, 2006), Brilhante et al. (2016) analisaram amostras de água coletadas em bebedouros de escolas públicas da cidade de Coremas-PB, dando prioridade aos seguintes padrões de potabilidade físico-químicos: pH, cor e turbidez. Além disso, os autores analisaram os seguintes parâmetros microbiológicos: coliformes

totais e *Escherichia coli*. Com base nos resultados obtidos, os autores identificaram valores de cor aparente (30 uH; 35 uH e; 40 uH nos pontos entrada e bebedouro) fora dos padrões estabelecidos pela legislação (até 15 uH) e contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli*, necessitando de medidas alternativas pelas autoridades públicas como um sistema de tratamento da água fornecida para a cidade de Coremas e também utilizada pelas instituições de ensino. Em contrapartida, a pesquisa realizada por Souza et al. (2015) avaliou vários parâmetros físico-químicos para a água de abastecimento de uma comunidade denominada Tamarindo no Rio de Janeiro, sendo eles: pH, condutividade elétrica, potássio, sódio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês, carbonato, bicarbonato, enxofre, cloreto, chumbo, cádmio, turbidez e cloro residual. Os resultados apontaram, segundo os autores, valores acima do permitido para turbidez em um dos pontos de amostragem e valores abaixo do permitido para cloro residual livre em três pontos de amostragem, necessitando de medidas preventivas (adoção de limpeza nos reservatórios domiciliares) para manutenção da qualidade da água até a chegada à comunidade. Portanto, é necessário monitorar os parâmetros básicos citados pelo Ministério da Saúde a fim de se atestar a qualidade da água consumida pela população, principalmente de unidades escolares situadas em áreas rurais.

Em comunidades rurais, o risco de contaminação por doenças de veiculação hídrica são mais evidentes, principalmente por contaminação bacteriana das águas, que ocorre em função do recurso ser captado em poços geralmente velhos (apresentam uma estrutura física comprometida pela ação do tempo), sem a devida manutenção e vedação, e também por estarem próximos de fontes de contaminação (exemplo: fossas sépticas e áreas de pastagem) – poluição pontual da água captada para consumo (STUKEL et al., 1990 apud RIGOBELO et al., 2009). No contexto das escolas rurais, várias crianças sofrem com constantes doenças oriundas da má qualidade da água oferecida para o próprio consumo, podendo comprometer, assim, o seu direito à educação, à qualidade de vida, ao convívio social e outros. Em função dessas enfermidades associadas a patógenos, os alunos podem levar tais problemas para o contexto escolar. Redução da capacidade cognitiva, frequência irregular e até mesmo evasão escolar são as principais consequências vinculadas ao fornecimento de água inapropriada e más condições higiênico-sanitárias do sistema de abastecimento utilizado pelas escolas rurais (CASALI, 2008).

O acesso à água de qualidade tem sido uma das problemáticas mais discutidas frequentemente, principalmente em localidades rurais que sofrem com situações inadequadas de abastecimento de água. Medeiros (2015) investigando a qualidade da água consumida em duas Escolas do Campo situadas próximas ao município de São Gabriel-RS constatou, com análises básicas (pH, condutividade elétrica, turbidez, sódio, cálcio, magnésio e dureza), que a Escola Municipal Jerônimo Machado apresentou altos valores de condutividade elétrica e pH, podendo expressar altas concentrações de sais dissolvidos. Já a Escola Municipal Ernesto José Anonni apresentou índices elevados de dureza, necessitando de medidas corretivas (implantação de um abrandador 400-1200lh) para redução de sais de Ca e Mg.

Para Jordanova et al. (2015), os fatores água, saneamento e higiene são cruciais para uma melhor saúde e resultados educacionais satisfatórios de crianças em idade escolar. Nesse sentido, pesquisadores como Sanches et al. (2015) atestaram a qualidade da água de consumo de oito escolas de ensino infantil da rede pública municipal de Uberaba-MG mediante a determinação de parâmetros físico-químicos (cloro residual livre, cromo, cobre, manganês, chumbo e cádmio) e microbiológicos (coliformes totais e *E. coli*), confrontando-se os resultados com os limites estabelecidos pela Portaria nº 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde. As amostras de água foram coletadas em bebedouros e torneiras da cozinha e as amostragens foram realizadas em períodos trimestrais, compreendendo quatro coletas. Segundo os autores, em mais de 50% das amostras foram revelados resultados positivos para *E. coli* e coliformes totais – índice Número Mais Provável (NMP) de 68 coliformes para 100 mL – acima dos valores permissíveis pela legislação. Ademais, quase metade das amostras apontaram valores abaixo do limite estabelecido pela legislação quanto ao cloro residual livre ($0,07\text{ mg L}^{-1}$, por exemplo, analisado pelo método direto em fotômetro de mão) – o que explica essa possível contaminação por patógenos. Quanto à determinação de metais pelo método Espectrômetro de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), algumas amostras apresentaram valores acima do permitido para cobre, cádmio, cromo, manganês e chumbo – $0,9\text{ mg L}^{-1}$ de manganês, por exemplo. Conforme apontamentos dos autores, esses dados revelam a necessidade de ações corretivas (armazenamento da água em reservatórios limpos e devidamente desinfetados numa frequência de duas vezes ao ano) no fornecimento de água para a comunidade escolar, bem como o monitoramento e controle da qualidade da mesma, tanto pelos gestores escolares como por órgãos sanitários.

Em contrapartida, Martins et al. (2015) realizaram um trabalho de conscientização ambiental envolvendo alunos, pais e funcionários da “Escola Municipal Amanda Carneiro Teixeira” da cidade de Uberlândia-MG, quanto à importância da preservação e tratamento da água para consumo humano. Para isso, foram feitos testes microbiológicos (coliformes totais e *E. coli*) em dois pontos de amostragem (bebedouro e torneira da cantina) no intuito de atestar a qualidade microbiológica da água. Questionários foram aplicados às famílias dos alunos para o estudo epidemiológico. Palestras envolvendo Educação Ambiental e a distribuição de cartilha educativa sobre o uso da água foram utilizados como estratégias para conscientizar os alunos da escola quanto à preservação e manejo desse recurso. Segundo relatos dos autores, os testes microbiológicos apontaram diagnóstico negativo para presença de coliformes fecais atestando uma boa qualidade da água consumida na unidade escolar, porém apenas uma amostra (amostra do bebedouro, coletada no mês de dezembro) apontou resultado positivo para coliformes totais – índice de NMP de 7 coliformes para 100 mL – o que pode estar associada à reduzida frequência de higienização do reservatório pelos funcionários da escola. Além disso, os autores afirmaram que a abordagem aos alunos, pais e funcionários por meio de palestras, cartilhas educativas e questionário favoreceu uma melhor conscientização ambiental da comunidade envolvida, pois durante as entrevistas e conversas informais da educadora ambiental com alunos, professores e pais, os autores identificaram a nítida preocupação dos entrevistados em mudarem seus hábitos devido à situação grave em que o Brasil está vivendo quanto ao uso da água³. Aspectos de uso consciente da água, cuidados com a higienização e preservação dos recursos hídricos foram os mais reforçados durante as atividades de Educação Ambiental.

Observa-se que são escassas as pesquisas voltadas para o diagnóstico físico-químico e microbiológico da água consumida em escolas do campo no Estado de Minas Gerais e, principalmente, voltadas para a prática da Educação Ambiental como mecanismo de conscientização desse público alvo.

Por suposição, acredita-se que o monitoramento da qualidade da água – mediante parâmetros físico-químicos e microbiológicos – fornecida em algumas escolas do

³ A crise hídrica no Brasil se instalou a partir de 2014, principalmente na região sudeste, em função de uma forte seca e vários erros de planejamento da água disponível nos reservatórios. A cidade de São Paulo foi a mais atingida pela queda do nível dos reservatórios e isso se deve ao grande número de habitantes e a pouca quantidade de água disponível para a população (má distribuição dos recursos hídricos no Brasil). Portanto, o racionamento de água é uma medida, em curto prazo, essencial para garantir o mínimo possível de água para o consumo humano (MARTINS et al., 2015).

campo da região de Uberlândia-MG propicia a verificação das condições higiênico-sanitárias adotadas nessas localidades e o quadro epidemiológico diagnóstico por crianças e adultos dessa comunidade podem influenciar na permanência e rendimento escolar dos educandos, além do desenvolvimento cognitivo e envolvimento social.

Pensando em atuar de maneira efetiva nas questões aludidas acima, este estudo foi realizado por meio de etapas distintas e essenciais, compondo-se em três capítulos, nos quais buscou-se: Conhecer e compreender as questões que envolve o tema água e a prática da Educação Ambiental em localidades rurais; Diagnosticar a qualidade da água subterrânea utilizada para consumo humano nessas localidades de Uberlândia-MG; e Potencializar a conscientização ambiental de alunos frequentadores dessas escolas mediante estratégias pedagógicas sobre o tema água.

Nesse sentido, o **Capítulo 1** apresenta uma breve revisão de literatura sobre os assuntos que envolvem o presente estudo, sendo eles: Importância da água e os impactos ambientais decorrentes da contaminação e poluição dos recursos hídricos; O problema da falta de saneamento básico na zona rural e suas soluções alternativas; Educação Ambiental como estratégia de conscientização sobre o tema gerador “água”; e Contextualização das Escolas do Campo investigadas.

O **Capítulo 2**, por sua vez, apresenta uma descrição das escolas do campo investigadas, das condições higiênico-sanitárias das escolas, bem como da manutenção adotada nos reservatórios de água. Além disso, são apresentados e discutidos os pontos de amostragem selecionados para a análise da água e, principalmente, os resultados analíticos do diagnóstico físico-químico e microbiológico da água de consumo.

Por fim, o **Capítulo 3**, apresenta e discute um método de pesquisa-ação de caráter participativo, para a prática da Educação Ambiental, como meio de alcançar uma melhor conscientização ambiental de alunos dessas Escolas do Campo sobre os recursos hídricos. Ademais, descreve as estratégias pedagógicas criadas e aplicadas aos alunos (estruturadas conforme idade escolar do público-alvo) a partir da discussão do tema água em sala de aula.

Portanto, a determinação de parâmetros físicos (cor aparente, turbidez, condutividade elétrica e temperatura), químicos (pH, ferro total, dureza total, carbono orgânico total, cloro residual, sólidos totais dissolvidos, e salinidade) e biológicos (*E. coli*) da água de consumo de crianças e adultos dessas unidades de ensino do campo (**Capítulo 2**), além de ser importante para o diagnóstico qualitativo, permite a adoção de práticas higiênico-sanitárias, caso sejam necessárias, por meio da Educação Ambiental

(Capítulo 3), no sentido de atenuar possíveis enfermidades oriundas da falta de manutenção adequada dos sistemas de armazenamento de água, principalmente pela presença de patógenos.

1.1 Problemas de pesquisa

Com base nessa realidade, a presente pesquisa busca responder as seguintes perguntas: Existe uma relação entre o diagnóstico da qualidade da água de consumo humano (parâmetros físico-químicos e microbiológicos) e as condições higiênico-sanitárias dos sistemas de abastecimento de Escolas do Campo? E de que modo estratégias pedagógicas melhoram a conscientização ambiental desses alunos sobre a temática água?

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Este estudo teve por objetivo realizar um diagnóstico da qualidade da água fornecida para consumo humano e aquela utilizada na preparação da merenda dos educandos de três escolas municipais da zona rural de Uberlândia-MG e, assim, verificar a sua relação com o sistema de abastecimento utilizado, condições de manutenção adotadas, e situação higiênica dos estabelecimentos. Ademais, teve por objetivo aplicar metodologias pedagógicas sobre o tema água como estratégias de melhoria da conscientização ambiental dos alunos dessas escolas quanto aos recursos hídricos.

1.2.2 Específicos

Os objetivos específicos deste estudo foram:

- Avaliar, mediante análises físico-químicas e microbiológicas, a qualidade da água que abastece os reservatórios de três escolas municipais da zona rural de Uberlândia-MG;

- Analisar o sistema de abastecimento utilizado, a manutenção adotada e a situação higiênica de cada unidade de ensino investigada;
- Realizar ações interventivas de Educação Ambiental (sequências didáticas sobre: importância da água, desperdício em ações cotidianas, contaminação e poluição, e doenças de veiculação hídrica; e a elaboração de uma cartilha educativa com uma abordagem diferenciada conforme a idade dos alunos) envolvendo os educandos de cada unidade escolar do campo de Uberlândia-MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da água e os impactos ambientais decorrentes da contaminação e poluição dos recursos hídricos

A água é uma substância inorgânica incolor e inodora de fundamental importância para a manutenção da vida no planeta terra (BACCI; PATACA, 2008). Em especial, para o ser humano, é considerada um dos nutrientes essenciais, principal componente das células e solvente biológico universal, pois está presente em todas as reações químicas do organismo humano (SOUZA et al., 2015). Integra aproximadamente dois terços do corpo humano e está presente em aproximadamente 98% para certos animais aquáticos, legumes, frutas e verduras (LIBÂNIO, 2010).

Em termos percentuais, este líquido precioso ocupa aproximadamente 75% da superfície terrestre, sendo que apenas 2,5% desse quantitativo estão disponíveis na forma de água doce. Em se tratando da água doce acessível na terra, apenas 0,77% está destinada para consumo humano, sendo representada por rios, lagos, água subterrânea, incluindo ainda, a água aprisionada na estrutura do solo, atmosfera (umidade) e na biota (GRASSI, 2001).

O recurso água tem seu valor reconhecido desde que o homem descobriu que a produção de alimentos estava intrinsecamente relacionada à disponibilidade hídrica para o desenvolvimento do cultivo. A título de exemplo, as cidades que se desenvolverem no antigo Egito foram beneficiadas graças à Revolução Agrícola que ocorreu há 5000 anos antes de Cristo, pois foram construídas próximas a rios que atendiam todas as demandas domésticas e agrícolas. Com o passar do tempo, ela passou a ser empregada na movimentação de máquinas que cortavam a madeira, em moinhos de grãos e, finalmente, em processos industriais (GRASSI, 2001).

No Brasil, em comparação aos demais países, a maior utilização da água está centralizada na agricultura, principalmente na irrigação que ocupa 63% de toda a demanda. A respeito dos 93% de hectares que são irrigados no país, são utilizados diversos métodos, tais como o espalhamento superficial, pivô central e aspersão convencional. Os dois últimos além de serem métodos antigos e pouco eficientes, também consomem muita energia elétrica (REBOUÇAS, 2003).

Além da agricultura, a interdependência do homem e a água são verificadas cotidianamente em diversas atividades voltadas para a higiene pessoal (banho e limpeza

dos dentes), na necessidade da chuva para a qualidade do ar, da água potável para ingestão diária, no uso da água no desempenho da limpeza doméstica, entre outras atividades (MASSABNI et al., 2015).

Apesar de ser importante para a fauna, flora e biota, a água vem sofrendo severos impactos de contaminação e/ou poluição em função do crescimento populacional e do desenvolvimento tecnológico. Antes de fazer menção aos transtornos ambientais oriundos da má qualidade da água, é necessário fazer a distinção entre dois termos: poluição e contaminação. O primeiro termo significa alteração das propriedades físico-químicas e/ou microbiológicas do meio aquático, ao passo que a contaminação refere-se às alterações, mas de forma prejudicial, ou seja, perniciosas à saúde dos elementos que compõem a biota, bem como do ser humano. Em síntese, pode-se poluir um corpo d'água sem necessariamente contaminá-lo, porém a contaminação em função de alguma ação do homem estará necessariamente associada à poluição desse recurso (LIBÂNIO, 2010).

O ser humano, nos primórdios do processo de civilização, tinha uma relação forte com a natureza sendo considerado, portanto, parte integrante de um ecossistema natural. No entanto, com o seu desenvolvimento ao longo da história, possivelmente esta percepção de homem e natureza como sendo intrínsecos foi se perdendo, fazendo com que as pessoas se acostumassem com os sistemas antrópicos e se distanciassem cada vez mais dos sistemas naturais. Ademais, marcos históricos – Revolução Agrícola, Revolução Industrial e Revolução da Informação – foram responsáveis por mudanças comportamentais repentinas no ser humano, aumentando exponencialmente o impacto antrópico no ambiente, principalmente pelo anseio do homem em atender suas necessidades básicas e as vontades crescentes da sociedade (SPINELLI et al., 2016).

Portanto, desde que o homem se tornou parte dominante dos sistemas, suas atitudes comportamentais se tornaram fator determinante para o desequilíbrio ambiental. Além disso, o mesmo provocou essa condição de desequilíbrio em função do aumento populacional, da capacidade de tolerância da natureza e exigências individuais da humanidade. Os impactos ambientais oriundos da ação antrópica são basicamente: Consumo de recursos naturais de forma acelerada se comparado com a capacidade de renovação pelo sistema ecológico; Geração de resíduos maiores do que as que podem ser integradas ao ciclo natural de nutrientes e; Introdução de materiais tóxicos pelo homem no sistema ecológico que destroem os recursos naturais (MORAES; JORDÃO, 2002).

A poluição dos recursos hídricos (e.g. rios, lagos, zonas costeiras e baías) tem causado problemas de ordem ambiental contínuo devido ao lançamento de volumes crescentes de efluentes, resíduos orgânicos e industriais. O despejo de efluentes sem o devido tratamento aumentou significativamente nas últimas décadas, ocasionando, assim, impactos ambientais severos sobre a fauna, a flora e aos próprios seres humanos (RATTNER, 2009).

Por outro lado, a ocupação urbana desordenada em áreas de proteção ambiental é senão a maior ameaça à qualidade dos mananciais, pois as construções e pavimentações favorecem a impermeabilização do solo. Tal ocupação sem o devido planejamento traz consigo alguns problemas como geração de esgoto doméstico, resíduo sólido urbano e carga urbana difusa de poluição que comprometem a qualidade da água bruta e, consequentemente, torna inviável a utilização do manancial. A inviabilização do uso do manancial se justifica pelo alto custo do tratamento, bem como da ameaça de redução da qualidade da água a ser distribuída à população em função da presença de substâncias tóxicas oriundas da poluição urbana (SILVA; PORTO, 2003).

Levando em consideração os diversos meios que provocam efeitos insalubres aos recursos hídricos, os principais agentes poluidores da água são: (a) Matéria orgânica biodegradável que provoca o consumo de oxigênio, mortandade de peixes, etc.; (b) Sólidos em suspensão que provocam a formação de lodo (proteção a microrganismos patogênicos) e adsorção de poluentes (estes ficam aderidos à superfície de sólidos suspensos); (c) Nutrientes como nitrogênio e fósforo em excesso que causam eutrofização no corpo d'água; (d) Microrganismos patogênicos que provocam o surgimento de várias enfermidades vinculadas à água; (e) Matéria orgânica não biodegradável como agrotóxicos e detergentes que causam maus odores, bem como condições tóxicas e; (f) Elementos-traço que causam toxicidade e prejudicam o desenvolvimento de organismos e plantas aquáticas (BRASIL, 2006 b).

O uso intensivo de agrotóxicos na agricultura, por exemplo, em função do aumento da produção agrícola, tem ocasionado sérios impactos ambientais no ecossistema como um todo. Uma vez aplicado, ele não atinge somente os organismos-alvo, mas também é carregado pelas águas das chuvas, lixiviado ou volatilizado no meio. Sendo assim, a agricultura pode ser responsável por contaminar os recursos hídricos de maneira pontual, por fontes de poluição concentrada no espaço utilizado, ou de maneira difusa, em que se dá por via de escoamento superficial ou por percolação (BRITTO et al., 2015). A presença de elementos-traço (de concentração em nível de

partes por bilhão – ppb) em agrotóxicos contribui enormemente para contaminação de águas superficiais, pois favorece a dispersão de metais pesados no recurso hídrico, principalmente quando são adotadas práticas agrícolas inadequadas (GUILHERME et al., 2005). Em geral, a contaminação de lençóis freáticos apresentam riscos moderados, todavia as cargas contaminantes variam em função de algumas condições locais como temperatura, salinidade, acidez e outros (D'AMATO et al., 2002).

Por outro lado, a preocupação com a alta toxicidade de certos elementos-traço⁴ para homens, animais e plantas tem aumentado em função da expansão de áreas contaminadas (principalmente, sistemas aquáticos) por esses elementos. O aumento de sua concentração em águas superficiais e/ou subterrâneas ocorre tanto em razão de processos naturais quanto de processos antropogênicos. Processos naturais que contribuem para o surgimento de elementos-traço em ambientes aquáticos são, principalmente, intemperismo de rochas e a lixiviação no perfil do solo, enquanto que os processos antropogênicos que mais contribuem para o aumento desses elementos-traço em águas são as atividades de mineração (carvão e jazidas minerais), atividades industriais e geração de efluentes domésticos. Os elementos-traço oriundos de tais atividades antropogênicas são: selênio (Se), arsênio (As), cobre (Cu), cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), cádmio (Cd), molibdênio (Mo), zinco (Zn), vanádio (V) e antimônio (Sb). Os efeitos insalubres da concentração desses elementos na cadeia trófica pela biomagnificação (fenômeno em que há acúmulo progressivo de substâncias de um nível trófico para o outro ao longo da cadeia alimentar) afetam, consequentemente, o homem, quando este ingere pescado contaminado (GUILHERME et al., 2005).

A contaminação de recursos hídricos pelo agente poluidor matéria orgânica biodegradável (e.g. efluentes sanitários e industriais que apresentam elevadas Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO⁵) provocam um forte crescimento de bactérias cuja função é de estabilizar ou decompor a matéria orgânica ali depositada. Como consequência disso, as bactérias aeróbicas reduzem o oxigênio dissolvido nesses corpos d'água podendo levar ao seu desaparecimento (condições de anaerobiose). Concomitantemente a isso, pode acarretar na mortandade de organismos aeróbios, como

⁴ Guilherme et al. (2005) define o termo elemento-traço como sendo metais catiônicos e oxiâniões presentes em baixas concentrações (a nível de partes por milhão – ppm ou partes por bilhão – ppb) em solos e sistemas aquáticos.

⁵ A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é uma análise físico-química que consiste na determinação da quantidade necessária de oxigênio para degradar (oxidar) a matéria orgânica por meio de um agente biológico (GRASSI, 2001).

os peixes; e na solubilização de diversos compostos químicos, no aumento na toxicidade de vários elementos, na geração de maus odores (devido às condições de anaerobiose que geram gases fétidos) e em inconvenientes estéticos (BRASIL, 2006 b).

Dentre os agentes poluidores de águas citados, os microrganismos patogênicos são os mais preocupantes quanto ao surgimento de problemas de saúde pública, principalmente em países em desenvolvimento. Essas doenças de veiculação hídrica são provocadas principalmente por excretas de animais e seres humanos, quando introduzidas em fontes de água, tornando-a imprópria para o consumo. Essas doenças são transmitidas por vias diretas ou indiretas, sendo elas: ingestão direta da água; no preparo de alimentos; na higiene pessoal; na agricultura, na indústria, no lazer, entre outros. Várias espécies de bactérias apresentaram caráter patogênico, sendo, portanto, responsáveis por doenças em homens, animais e vegetais. Bactérias do grupo coliforme – *E. coli*, por exemplo – são responsáveis por causar doenças como: enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas que constituem sérios riscos à saúde humana (BRASIL, 2014 d).

Enfim, os vários agentes poluidores mencionados estão relacionados com a qualidade e quantidade da água e, como consequência a essas causas, há o comprometimento da saúde pública, provocando a deterioração da qualidade de vida, bem como, do desenvolvimento econômico e social da humanidade (TUNDISI, 2008).

2.2 A problemática da falta de saneamento básico na zona rural e suas soluções alternativas

No Brasil, o saneamento básico é considerado um desafio a ser alcançado, sendo necessária a participação da comunidade como um todo para melhorar essa situação. De maneira geral, os serviços prestados pelo saneamento devem, principalmente, promover a qualidade de vida da população abastecida, bem como, a função de proteger os recursos naturais (ALMEIDA, 2013). Os serviços públicos de saneamento básico, conforme cita a Lei 11.445 de 2007, devem assegurar abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007 d).

Serviços adequados de abastecimento possibilitam uma melhora nas condições de vida da população, assim como benefícios voltados para o controle e prevenção de doenças, desempenho de hábitos higiênicos, conforto e bem-estar, aumento da

expectativa de vida e da produtividade econômica. No entanto, em regiões carentes, as populações sofrem pela ausência da rede de saneamento básico, pois a falta de acesso a fontes seguras de água para consumo é fator agravante e determinante das condições precárias de vida dessas populações em especial (RAZZOLINI; GÜNTHER, 2008). Na região sudeste do Brasil, 367.562 habitantes da zona rural dispõem de serviços de abastecimento de água, em contrapartida, a mesma população rural beneficiada por coleta de esgoto corresponde a 150.213 habitantes (menos da metade da população que tem abastecimento de água na zona rural) (DANTAS et al., 2012). Tal cenário predispõe essa população a sérios riscos à saúde por ingestão de água inadequada e falta de condições higiênico-sanitárias satisfatórias (COSTA; GUILHOTO, 2014). Condições inadequadas de saneamento básico, sobretudo em comunidades localizadas na zona rural, associadas à inexistência de conhecimento pela população, acarretam em problemas de saúde pública (aumento de doenças associadas à água). Como consequência disso, crianças e jovens são acometidos por essas doenças, ocasionando problemas de desenvolvimento físico e cognitivo. Doenças de veiculação hídrica podem reduzir o rendimento escolar, o nível de produtividade no trabalho e, principalmente, são responsáveis por grande parte dos recursos financeiros destinados à saúde para a assistência médica (ARAÚJO et al., 2011).

Em virtude da ausência de serviços de saneamento básico, nos últimos anos, se tornou comum à adoção de soluções alternativas para suprir essas necessidades básicas da população do campo. O acúmulo e uso das águas da chuva se tornou uma importante alternativa para fornecer água de boa qualidade para fins potáveis e não potáveis, principalmente em localidades rurais (GUIMARÃES et al., 2015). Além disso, sua adoção tem sido estimulada pela simplicidade da construção do sistema alternativo, bem como, da obtenção de benefícios imediatos pela população atendida. No entanto, alguns inconvenientes são encontrados e que podem comprometer a sustentabilidade desse sistema alternativo, sendo a qualidade microbiológica da água captada apontada como principal problema em função da contaminação durante o manejo (captação, retirada e armazenamento da água de cisterna) (SILVA et al., 2006). Além da captação da água da chuva como forma de abastecimento, no meio rural, é bastante comum o uso de poços rasos, poços artesianos e nascentes para esse fim, e que dificilmente passam por algum tipo de tratamento ou são manuseados por pessoas não habilitadas (isto é, pelos próprios proprietários dos poços) (PERDOMO et al., 2006). Portanto, são alternativas suscetíveis

à contaminação e que afetam seus usuários (AMARAL et al., 2003; SANTOS et al., 2015).

Apesar de água ser um elemento essencial à vida, ela pode oferecer riscos à saúde humana quando está fora dos padrões de potabilidade, pois acaba funcionando como meio de transporte de agentes biológicos patogênicos e químicos (ROCHA et al., 2006). Agentes biológicos são responsáveis pela causa de algumas doenças infecciosas oriundas de microorganismos patogênicos de origem intestinal, animal ou humana (AMARAL et al., 2003; MARTINS et al., 2015). Fatores como eficácia do processo de tratamento, armazenagem e distribuição; condições higiênico-sanitárias dos sistemas de abastecimento; e ausência de informação pela população, também podem comprometer a qualidade final da água de consumo humano (FREITAS et al., 2001; MARTINS et al., 2015).

Em comunidades rurais, o risco de contaminação por doenças de veiculação hídrica são mais evidentes, principalmente por contaminação bacteriana das águas, que ocorre em função do recurso ser captado em poços geralmente velhos (apresentam uma estrutura física comprometida pela ação do tempo), sem a devida manutenção e vedação, e também por estarem próximos de fontes de contaminação (exemplo: fossas sépticas e áreas de pastagem) – poluição pontual da água captada para consumo. Ademais, doenças infecciosas causadas pela contaminação dessa água subterrânea são responsáveis por surtos epidêmicos e altas taxas de mortalidade infantil (STUKEL et al., 1990 apud RIGOBELLO et al., 2009; MENEZES et al., 2013).

O consumo de água contaminada, dentre outros fatores, é responsável por 80% das moléstias acometidas na população, bem como, de mais de um terço dos óbitos de ocorrência em países em desenvolvimento. Além disso, em média, um décimo do tempo de trabalho de uma pessoa é perdido em função de doenças relacionadas à água, em consequência da falta de serviços de saneamento (MORAES; JORDÃO, 2002; SANTOS et al., 2013). As principais doenças decorrentes do consumo de água não potável são: Leptospirose, Giardíase, Amebiase, Diarreias Infecciosas, Esquistossomose, Ascaridíase, Cólica, Febre Tifoide e Hepatite A (GODECKE; DECKER, 2014).

Portanto, a elaboração e aplicação de ações preventivas, direcionadas para a preservação das fontes de água, e o tratamento das águas inadequadas, são práticas essenciais para reduzir consideravelmente o risco de doenças oriundas do consumo de água fora dos padrões de potabilidade no meio rural. Ademais, é preciso salientar o

poder que as águas superficiais têm de contaminação sobre as águas subterrâneas, necessitando, assim, de trabalhos complementares que façam o diagnóstico físico, químico, microbiológico e de resíduos tóxicos para se conhecer a proporção da poluição e contaminação desses sistemas aquáticos (AMARAL et al., 2003; ANTUNES et al., 2014).

2.3 Educação Ambiental como estratégia de conscientização sobre o tema gerador “água”

A problemática ambiental é entendida como sendo resultado das relações estabelecidas entre sociedade e a natureza, e entre os próprios seres humanos, nas quais há uma apropriação dos recursos naturais pelo homem de forma não igualitária e, na maioria das vezes, não só em função das demais formas de vida, mas também contra os próprios seres humanos que desses recursos usufruem (SOUZA; SALVI, 2012).

Nesse contexto das questões ambientais decorrentes da ação humana, é que surge a Educação Ambiental como processo educativo com o objetivo de construir uma cultura ecológica que compreenda a relação natureza e sociedade como sendo fatores intrinsecamente relacionados e que não podem ser mais vistos de forma segregada. Portanto, ela deve ser conduzida para alcançar uma cidadania ativa, a qual busca compreender e superar as causas estruturais e conjunturais dos problemas ambientais. O propósito de se educar para cidadania pode ser alcançado ao se formar uma coletividade responsável pelo mundo que habita, com base nos valores de pertencimento e de corresponsabilidade do cidadão em relação aos benefícios e prejuízos de apropriação e uso dos recursos naturais (SORRENTINO et al., 2005).

Embora a Educação Ambiental tenha como estratégia geral a de construir sociedades ambientalmente mais responsáveis, ela apresenta diferentes abordagens metodológicas (princípios, objetivos e estratégias educativas) por quem as praticam. As principais abordagens educativas em EA são: (a) Disciplinatória-moralista (consiste em provocar mudanças comportamentais que sejam ambientalmente adequados); (b) Ingênuo-imobilista (consiste em provocar no indivíduo uma sensibilização ambiental por meio da contemplação da natureza); (c) Ativista-imediatista (consiste em tornar o indivíduo ativo, isto é, que este tenha uma ação imediata sobre o ambiente); (d) Conteudista-racionalista (consiste em tornar a relação dos indivíduos com o ambiente de forma mais adequada, por meio da transmissão e assimilação dos conhecimentos

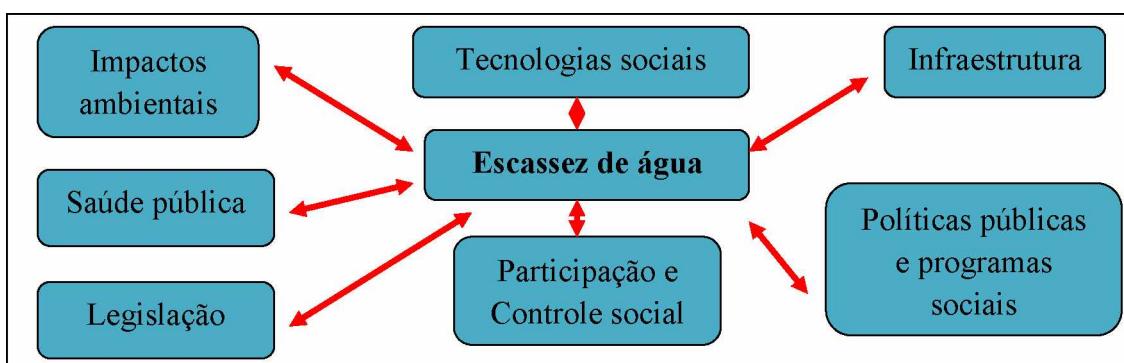
técnicos científicos); (e) Crítica-transformadora (consiste em promover a EA como sendo uma ferramenta política de caráter crítico e reflexivo necessária para construir uma sociedade sustentável nos aspectos ambiental e social). Essas diferentes abordagens tem por objetivo reproduzir relações entre os grupos sociais e estes com o meio ambiente de forma adequada ao modelo de sociedade vigente (capitalista). A abordagem disciplinatória-moralista em EA é ideal para a busca de mudanças comportamentais em alunos do Ensino Fundamental, uma vez que sua prática educativa se fundamenta na construção de comportamentos ambientalmente adequados (TOZONI-REIS, 2008).

Tendo em vista que a educação foi apontada como recurso que poderia auxiliar na busca de soluções teórica e prática, é que nesse cenário de discussões ambientalistas surgiram eventos internacionais a partir da década de 1970. A 1^a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, ocorrida em 1972, recomendou em suas discussões que a educação deveria se pautar em questões ambientais como estratégia para combater a crise ambiental mundial. Já em 1975, no *The Belgrado Workshop on Environmental Education*, são formulados os princípios básicos da Educação Ambiental (EA). Em 1977 ocorre a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, em Tbilisi, na Georgia, considerada como um marco da EA, pois nesse evento é que são divulgados os seus objetivos, princípios e estratégias. No Brasil, o desenvolvimento da EA se deu por ações governamentais de agências estatais voltadas para o meio ambiente e não do sistema educacional do governo. Com o passar dos anos, ela passou a ser praticada por diversos setores da sociedade, tais como espaços empresariais, zoológicos, unidades de conservação, etc., até chegar ao espaço escolar (SOUZA; SALVI, 2012).

No Brasil, a Lei n. 9.795 de 1999, instituiu que a Educação Ambiental deve ser estendida na educação formal e desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino, tanto privadas quanto públicas, atendendo a educação básica (educação infantil, ensino fundamental e ensino médio), educação superior, educação especial, educação profissional e educação de jovens e adultos. Ainda segundo a lei, a EA deverá ser praticada de forma integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades de ensino formal. Além disso, os professores deverão receber formação complementar em suas áreas de atuação para cumprirem os objetivos preconizados pela Educação Ambiental (BRASIL, 1999 e). Dentre os diversos temas transversais citados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para a prática da Educação Ambiental está o “manejo e conservação da água” (BRASIL, 1997).

O cenário de escassez hídrica no Brasil acentua-se consideravelmente em regiões no interior do país, de maior índice populacional, principalmente na região do semiárido. No entanto, esta realidade está se alastrando por regiões de alto poder aquisitivo (sudeste do país), em função do descaso ou da falta de uma gestão qualificada dos recursos hídricos disponíveis. Portanto, é a partir desse tema ambiental que a EA se torna um importante instrumento para dialogar a saúde coletiva com a gestão dos recursos hídricos, pois a educação é um fator determinante para a promoção da saúde ao passo que por meio de ações é condicionada, determinada e impactada favoravelmente para uma melhor qualidade de vida das pessoas (PICCOLI et al., 2016). Partindo dessa realidade, Piccoli et al. (2016) sugere alguns temas geradores a partir da situação de escassez de água mundial e local, como mostra a Figura 1. O ensino com base em temas geradores teve sua origem nas discussões de Paulo Freire, o qual defendia que adotar situações que envolvam o cotidiano de educandos e educadores é uma forma de promover o aprendizado e a reflexão dos indivíduos sobre eles mesmos (COSTA; PINHEIRO, 2013). Neste sentido, Piccoli et al. (2016) ressaltam que estes temas são importantes para serem discutidos em situações como, por exemplo, conversas informais em campo com os alunos, encontros formais e/ou informais, e rodas de conversa, favorecendo debates na comunidade sobre a realidade local, com foco no diagnóstico da problemática de escassez hídrica.

FIGURA 1 - Temas geradores relacionados ao assunto “escassez de água”.



Fonte: Adaptado de Piccoli et al. (2016).

Ainda sobre a prática da Educação Ambiental aliada ao tema água, Silva et al. (2006) propôs um trabalho de avaliação de ações em Educação Ambiental junto às comunidades rurais pertencentes ao semiárido paraibano e beneficiadas pela forma de

captação de água por cisternas. Cisternas são reservatórios de armazenamento de águas pluviais para o seu aproveitamento, sendo construída em alvenaria ou adquirida no mercado em material plástico, fibra de vidro e outros (SILVA et al., 2012). Para isso, os autores se pautaram em um conjunto de estratégias metodológicas que permitiu sensibilizar os habitantes da comunidade rural sobre a importância da qualidade da água de consumo captada em cisternas, bem como, simultaneamente, a coleta de dados (condições higiênico-sanitárias das habitações, qualidade das cisternas, entre outros). Como resultados, os autores detectaram que as cisternas foram construídas para a obtenção de água com qualidade, no entanto as próprias famílias que usufruíam desse sistema não contribuíam para este fim. Consequentemente, no futuro, podem constituir em um problema de saúde pública. Ainda segundo os autores, as ações de Educação Ambiental permitiram uma melhor sensibilização de boa parte das famílias investigadas, no entanto, tais ações ainda foram insuficientes para promover a mudança de hábitos. Dacache (2004), por exemplo, cita que essa mudança comportamental pode ser alcançada mediante a prática da Educação Ambiental envolvendo princípios de Ecologia, assim como a própria ação da escola (com projetos ambientalistas) no processo de ensino e aprendizagem. Ademais, Cuba (2010) ressalta que a educação é um instrumento poderoso para se construir o conhecimento sobre as questões ambientais e passá-las de geração em geração, provocando a mudança de hábitos. Portanto, para Silva et al. (2006), a formação de educadores ambientais configura na principal estratégia para se alcançar os objetivos da EA em localidades rurais.

Já no contexto de escolas municipais de Ensino Fundamental, Freitas e Marin (2015) investigaram como o tema água é abordado nessas escolas localizadas na cidade de Presidente Prudente, São Paulo. Metodologicamente os autores buscaram como o tema água é apresentado em: Projetos Especiais das Escolas; Planos de Ensino; Livros didáticos de Ciências e Geografia adotados e; Abordagem pelos docentes em sala de aula. Tais levantamentos foram feitos com base em entrevistas semi-estruturadas, aplicação de questionários e pesquisa documental. Como resultados, os autores apontaram que há a existência de Projetos Especiais em Educação Ambiental, mas não especificamente sobre a temática água. Quanto à entrevista aos professores, estes apontaram que suas abordagens metodológicas se pautam em conteúdos dos livros didáticos, leitura de textos informativos veiculados pela mídia e internet. Na perspectiva dos autores, professores comprometidos e de formação adequada quanto ao tema água favorece a formação de espaços educativos e na sensibilização de educandos,

professores e sociedade em geral quanto às questões ambientais (FREITAS; MARIN, 2015).

Portanto, a utilização de trabalhos voltados para EA, aliados a temas locais, e a condução do processo ensino e aprendizagem com base na pesquisa, mostra-se adequados para construir o conhecimento coletivo quanto à importância dos recursos hídricos e, principalmente, dos problemas locais e globais decorrentes de ações antrópicas. Aliar a temática água ao contexto de alunos que residem em comunidades rurais, por meio da Educação Ambiental, é uma forma de mostrá-los a importância do recurso, bem como das ações individuais para sua preservação e uso consciente (AGUIAR et al., 2015).

2.4 As escolas do campo

A educação do campo, no Brasil, é identificada durante as primeiras décadas do século XX. Neste período, muitos movimentos políticos e educacionais foram realizados a fim de conceber a escola como instrumento de retenção do homem no campo e, ao mesmo tempo, mostrá-lo a importância de seu meio, seus valores e assim permanecer no seu ambiente de origem (MEDEIROS, 2010). Segundo Magalhães Júnior e Varela (2016), a existência de unidades escolares em localidades rurais (Movimento Ruralista Pedagógico) tinha como principal propósito preparar as crianças para o trabalho do campo, difundindo formas técnicas e especializadas para melhorar o potencial de produção do solo e, assim, alcançar um retorno econômico vantajoso para o país. No entanto, manter a população do campo restrita ao seu ambiente de origem é uma forma de preconceito, uma vez que a maior parte da população sofreu e ainda sofre com ausência de serviços de abastecimento de água, coleta de esgotos e resíduos sólidos (VIEIRA et al., 2015).

As escolas localizadas no meio rural são marcadas por uma visão idealizadora e depreciativa, pois as questões do mundo rural são tratadas e abordadas como sendo produto da falta de desenvolvimento, contrapondo-se a realidade do espaço urbano. Isso se deve aos processos de industrialização, associados à urbanização, e também da expansão capitalista vivenciada nos séculos 19 e 20 no Brasil (NERY; STANISLAVSKI, 2011).

Em face do contexto histórico da educação rural brasileira, o Estado de Minas Gerais no período de 1899 a 1911 priorizou as políticas educacionais no meio rural

coerentes com a situação econômica e política que favoreciam naquele momento, ou seja, gerar mão de obra para o meio rural e manter o poder das elites dirigentes (BARROS, 2013). Trazendo para o contexto do município de Uberlândia, Minas Gerais, no período de 1933 a prefeitura da cidade mantinha seis escolas rurais para quatro escolas urbanas. Nos anos subsequentes, observou-se uma clara expansão no ensino rural, chegando a trinta unidades escolares em funcionamento no meio rural contrapõe-se a três escolas no meio urbano (LIMA, 2004). Esse número expressivo de escolas rurais no período em apreço se explica pela economia estar centrada em bases agrícolas, comerciais e pastoris, apresentando, principalmente, diversas propriedades rurais na região de Uberlândia-MG que concentravam quantidades demográficas maiores em relação à área urbana (SILVEIRA, 2008). Atualmente, houve uma inversão na quantidade de escolas urbanas e do campo em Uberlândia-MG, sendo que a rede municipal de Ensino Fundamental conta com 40 escolas urbanas e 12 escolas do campo. As escolas do campo estão situadas em distritos, comunidades e fazendas da zona rural da cidade (SILVA, 2011; INEP, 2015).

Na cidade de Uberlândia-MG, as escolas rurais estiveram presentes na maioria das fazendas da região sendo, portanto, responsáveis por representar as primeiras formas de ocupação humana da localidade. Atrelado ao processo de ocupação do município está o processo de modernização da agricultura, bem como do desenvolvimento rural de Uberlândia (SILVEIRA, 2008). Nesse sentido, é essencial o desenvolvimento de projetos que ressaltem o vínculo existente entre o projeto político-pedagógico das escolas do campo de Uberlândia e a concepção ideológica de reprodução de valores capitalistas existentes, de forma a superar as seguintes barreiras: abandono da população rural; superar a ausência de políticas públicas voltadas para as necessidades locais e, principalmente; da necessidade de implantação dessas políticas (SILVA, 2011).

Nos últimos anos, especialmente no meio rural, agravaram-se os problemas sociais e ambientais em função da moderna tecnologia empregada na agricultura brasileira com o intuito de promover o desenvolvimento no campo. Como consequência disso, a sociedade em geral foi "presenteada" com alguns problemas, sendo eles: destruição dos solos; o aumento de pragas e doenças; a contaminação de alimentos; intoxicações humanas e do meio ambiente; concentração de renda; exclusão social; desemprego; entre outros. Então, é nesse contexto que se exige da educação uma

revolução “ecopedagógica” para minimizar o processo de destruição ambiental (LUCCA; BRUM, 2013).

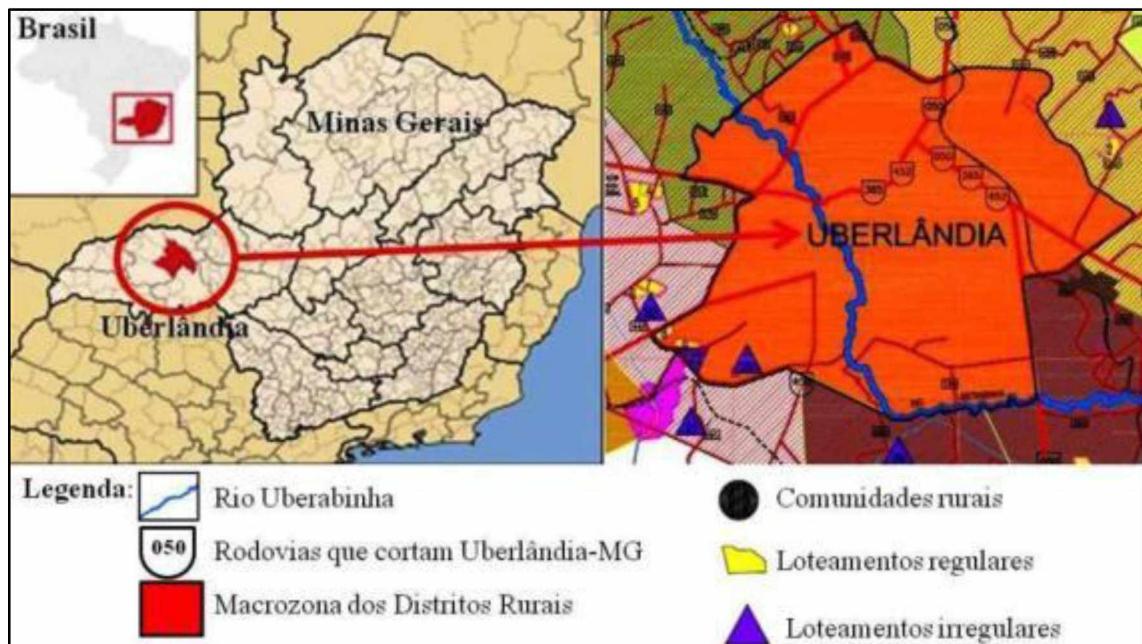
As escolas municipais da zona rural de Uberlândia-MG envolvidas neste trabalho são: Escola do Campo A; Escola do Campo B e; Escola do Campo C. Adotou-se tal nomenclatura para resguardar os direitos fundamentais e da personalidade das escolas participantes. A Escola do Campo A trabalha apenas com o turno da manhã, abrangendo o Ensino Fundamental (1º ao 9º anos). A unidade conta com 154 alunos matriculados, com uma faixa etária correspondente entre 6 e 16 anos, e 39 funcionários efetivos. Além disso, a escola fica próxima à propriedades rurais da região sendo, portanto, distante da zona urbana. A Escola do Campo B trabalha apenas com o turno matutino, abrangendo Educação Infantil (1º e 2º períodos) e Ensino Fundamental (1º ao 9º anos). A unidade conta com 225 alunos matriculados, com uma faixa etária correspondente entre 4 e 17 anos, e 39 funcionários efetivos. Além disso, a escola fica próxima a uma das rodovias que cortam a cidade de Uberlândia e também de uma propriedade rural da região, portanto, está entre as áreas urbana e rural. Por fim, a Escola do Campo C trabalha apenas com o turno matutino, abrangendo Educação Infantil (1º e 2º períodos) e Ensino Fundamental (1º ao 9º anos). A unidade conta com 207 alunos matriculados, com uma faixa etária correspondente entre 4 e 17 anos, e 39 funcionários efetivos. Além disso, a escola fica próxima a uma das rodovias que cortam a cidade de Uberlândia e também de uma propriedade rural da região, portanto, está entre as áreas urbana e rural. Estes dados são disponibilizados pelo Portal da Prefeitura de Uberlândia-MG⁶ e também por dados do Censo da Educação Básica em 2015 (INEP, 2015). Na Figura 2 está representado o mapa de localização geográfica da cidade de Uberlândia-MG.

No que tange ao potencial hídrico da cidade de Uberlândia, esta é banhada pela Bacia Hidrográfica do Paraná, sendo considerada a segunda maior bacia do país em termos de área e potencial hidroelétrico. Ademais, a Bacia do Paraná abriga um vasto reservatório de água subterrânea, conhecido como Aquífero Guarani, sendo Minas Gerais um dos estados da Federação beneficiados pela sua ocorrência (COELHO; SOARES, 2002). Contudo, existem alguns impactos ambientais na sub-bacia do Rio Paranaíba (localizada na região do Triângulo Mineiro), pela ação antrópica, que tem gerado preocupação, tais como: assoreamento dos rios; processos de erosão intensos;

⁶ Portal da Prefeitura de Uberlândia. Disponível em: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/secretaria-pagina/30/74/secretaria.html>>

aumento do escoamento superficial; rebaixamento do lençol freático; poluição dos mananciais; contaminação do solo; e outros (FLAUZINO et al., 2010). A sub-bacia em que estão localizadas as escolas do campo da região de Uberlândia do presente estudo é a do Rio Uberabinha (Figura 2). Este rio apresenta 49 afluentes, o qual percorre áreas de lavoura com construção de drenos, pastagem e mineração (CARDOSO et al., 2008).

FIGURA 2 - Mapa de localização geográfica da cidade de Uberlândia-MG.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2016) e Prefeitura Municipal de Uberlândia (2016).

Nesse sentido, monitorar a qualidade da água fornecida em algumas dessas escolas do campo localizadas na região de Uberlândia-MG fornecerá informações valiosas de cunho social, educacional e de saúde pública. Além disso, a prática da Educação Ambiental aliada à temática água com os alunos dessas escolas poderá contribuir para melhor conscientização quanto à importância da qualidade desse recurso, bem como, na mudança de hábitos quanto ao uso, cuidados higiênico-sanitários e preservação da água.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. da P. et al. Educação ambiental para a conservação dos recursos hídricos por meio de atividade de ensino com pesquisa em uma escola pública no Pará. **Revbea**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 88-98, 2015.

ALMEIDA, R. R. D. **Saneamento básico rural:** a iniciativa do projeto água limpa. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO NO MERCOSUL, 15, 2013. UNICRUZ. **Anais**.... Rio Grande do Sul: **UNICRUZ**, 2013. p. 01-07.

AMARAL, L. A. do et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Rev Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n° 04, p. 510-514, 2003.

ANTUNES, C. M. M. et al. de. Qualidade da água e percepção de moradores sobre um rio urbano. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 75-87, Jun., 2014.

ARAÚJO, G. F. R. de et al. Qualidade físico-química e microbiológica da água para consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no Estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 98-104, 2011.

BACCI, D. De La C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 211-226, Jun., 2008.

BARROS, J. A. Organização do ensino rural em Minas Gerais: suas muitas faces em fins do século XIX e início do XX (1899-1911). 2013. 349 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

BRASIL. Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde: Brasília, 2006. 284 p.

_____. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde: Brasília, 2006. 212 p.

_____. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 de dez. 2011, 32 p.

_____. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde: Brasília, 2014.

_____. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, revoga a lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> Acesso em: 29 de jun. de 2016.

_____. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. “Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências”. **Presidência da República**, 27 de abr. 1999, 5 p.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: meio ambiente e saúde. Secretaria de Educação Fundamental: Brasília, 1997. 128 p.

BRILHANTE, S. C. et al. Análise microbiológica e físico-química da água de bebedouros utilizados em escolas públicas na cidade de Coremas-PB. **INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal/PB)**, v. 10, n. 1, p. 05-08, Jan – Jun, 2016.

BRITTO, F. B. et al. Avaliação do risco de contaminação hídrica por agrotóxicos no perímetro irrigado Betume no baixo Rio São Francisco. **Rev. Bras. Agric. Irr.**, Fortaleza, v. 9, n. 3, p. 158-170, Mai., 2015.

CARDOSO, L. S. et al. Composição, densidade e abundância das populações de cladocera, copepoda e rotífera de áreas de proteção permanente do rio Uberabinha. **EM EXTENSÃO**, Uberlândia, v. 07, n. 02, p. 95-106, 2008.

CASALI, C. A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 2008. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2008.

COELHO, M. de A.; SOARES, L. T. **Geografia do Brasil**. 5. ed. Moderna: São Paulo, 2002. 392 p.

COSTA, J. de M.; PINHEIRO, N. A. M. O ensino por meio de temas-geradores: a educação pensada de forma contextualizada, problematizada e interdisciplinar. **Imagens da Educação**, Paraná, v. 03, n. 02, p. 37-44, 2013.

COSTA, C. C. da; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Eng Sanit Ambient**, São Paulo, edição especial, p. 51-60, Abr., 2014.

CUBA, M. A. Educação ambiental nas escolas. **ECCOM**, v. 01, n. 02, p. 23-31, 2010.

D'AMATO, C. et al. DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental – uma revisão. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 995-1002, Dez. 2002.

DACACHE, F. M. **Uma proposta de Educação Ambiental utilizando o lixo como tema interdisciplinar**. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

DANTAS, F. V. A. et al. Uma análise da situação do saneamento no Brasil. **FACEF Pesquisa: desenvolvimento e gestão**, Franca, v. 15, n. 03, p. 272-284, Set/Out/Nov/Dez 2012.

FLAUZINO, F. S. et al. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no cerrado mineiro. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 01, p. 75-91, Mar. 2010.

FREITAS, M. B. de et al. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, Mai – Jun. 2001.

FREITAS, N. T. A.; MARIN, F. A. D. G. Educação ambiental e água: concepções e práticas educativas em escolas municipais. **Nuances: Estudos sobre Educação**, Presidente Prudente-SP, v. 26, número especial 1, p. 234-253, Jan. 2015.

GODECKE, M. V.; DECKER, A. T. Saneamento básico: estudo do caso de Arroio Grande, RS. **REGET**, v. 18, n. 4, p. 1371-1388, 2014.

GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Edição especial, p. 31-40, Mai. 2001.

GUILHERME, L. R. G. et al. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos Ci. Solo**, v. 4, p. 345-390, 2005.

GUIMARÃES, B. V. C. et al. Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2926-2939, Jun. 2015.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Sinopse Estatística da Educação Básica 2015**. Brasília: Inep, 2016. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-senso-escolar-sinopse-sinopse>> Acesso em: 28 de out. 2016.

JORDANOVA, T. et al. Water, Sanitation, and Hygiene in Schools in Low Socio-Economic Regions in Nicaragua: A Cross-Sectional Survey. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 12, p. 6167-6217, Mai. 2015.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LUCCA, E. J.; BRUM, A. L. Educação ambiental: como implantá-la no meio rural? **RAIMED – Revista de Administração IMED**, v. 3, n. 1, p. 33-42, 2013.

LIMA, S. C. F. de. **Memória de si, história dos outros**: Jerônimo Arantes, educação, história e política em Uberlândia nos de 1919 a 1961. 2004. Tese (Doutorado) - UNICAMP. Campinas, 2004.

MAGALHÃES JUNIOR, A. G.; VARELA, S. B. L. O mito do ruralismo pedagógico: sua caracterização nos ritos vivenciados na Escola Normal Rural de Juazeiro do Norte. **Cadernos de História da Educação**, v. 15, n. 02, p. 614-633, Mai - Ago. 2016.

MARTINS, G. A. de F. et al. **Estudo epidemiológico e da qualidade da água de uma escola de ensino fundamental do município de Uberlândia, Minas Gerais**: aspectos ambientais e sociais. p. 01-16, 2015.

MASSABNI, V. G. et al. Sustentabilidade na educação infantil: ciclo, aproveitamento e uso consciente da água. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 04, n. 02, p. 47-57, 2015.

MEDEIROS, M. D. de. **A escola rural e o desafio da docência em salas multisseriadas**: o caso do Seridó norteriograndense. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. 138 p.

MEDEIROS, A. V. de et al. Análises qualitativas da água e seu tratamento em escolas rurais do município de São Gabriel – RS. In. **SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**, 7, 2015. 2 p.

MENEZES, J. P. C. et al. Qualidade da água subterrânea para consumo humano e o uso agrícola no sul do estado do Espírito Santo. **REGET**, Rio Grande do Sul, v. 17, n. 17, p. 1318-1326, Dez. 2013.

MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 370-374, Mar. 2002.

NERY, A. C. B.; STANISLAVSKI, C. de F. A civilização no meio rural: o livro de leitura como instrumento modernizador. **Revista História da Educação – RHE**, Porto Alegre, v. 15, n. 35, p. 100-126, Set/Dez 2011.

PERDOMO, D. M. X. et al. Avaliação da qualidade da água consumida na zona rural da região centro do estado do Rio Grande do Sul. **Infarma**, v. 18, n. 9/10, p. 03-06, Out. 2006.

PICCOLI, A. de S. et al. A educação ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 797-808, 2016.

PIERZYNSKI, G. M et al. **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 313p.

Portal Uberlândia. Disponível em: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/secretaria-pagina/30/74/secretaria.html>> Acesso em: 10 de jun. 2016.

RATTNER, H. Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável. **Ciênc. saúde coletiva**, v. 14, n. 06, p. 1965-1971, 2009.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde Soc. São Paulo**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008.

REBOUÇAS, A. da C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia análise e dados**, Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003.

RIGOBELO, E. C. et al. Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 219-224, Abr/Jun 2009.

ROCHA, C. M. B. M. da et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 09, p. 1967-1978, Set. 2006.

SANCHES, S. M. et al. Chemical and Microbiological analysis of public school water in Uberaba municipality. **Rev. Ambient. Água**, v. 10, n. 3, p. 530-541, 2015.

SANTOS, E. P. P. et al. Coliformes totais e termotolerantes em água de nascentes utilizadas para o consumo humano na zona rural do município de Varre-Sai, RJ. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, p. 01-06, Mar. 2015.

SANTOS, J. O. dos et al. A qualidade da água para consumo humano: uma discussão necessária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental – RBGA**, Pombal, v. 07, n. 02, p. 19-26, Jan. 2013.

SILVA, C. V. da et al. Cisternas para o armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 17, n.04, p. 393-400, 2012.

SILVA, A. C. O. **Educação no campo e trabalho**: um estudo das escolas municipais rurais de Uberlândia-MG. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2011. 127 p.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. do A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, 17 (47), p. 129-145, 2003.

SILVA, M. M. P. da et al. Educação Ambiental para o uso sustentável de água de cisternas em comunidades rurais da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, suplemento especial, n. 1, p. 122-136, 2º semestre 2006.

SILVEIRA, T. C. da. **História da escola rural Santa Tereza (Uberlândia-MG, 1934 a 1953)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil, 2008. 180 p.

SORRENTINO, M. et al. Educação ambiental como política pública. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 285-299, Mai/Ago 2005.

SOUZA, C. A. B. de et al. Qualidade da água consumida em unidades de educação infantil no município de Mossoró-RN. **Revista Ciência Plural**, v. 1, n. 2, p. 57-67, 2015.

SOUZA, F. P. de et al. Qualidade da água de abastecimento da comunidade Tamarindo em Campos dos Goytacazes/RJ. **Persp. Online:** exatas e eng., v. 11, n. 05, p. 01-16, 2015.

SOUZA, D. C. de; SALVI, R. F. A pesquisa em educação ambiental: um panorama sobre sua construção. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 03, p. 111-129, Set/Dez 2012.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p.

SPINELLI, M. V. P. et al. Estudo sustentável da capacidade de carga antrópica e a sua influência no ponto de equilíbrio da resiliência ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 09, n. 01, p. 185-199, Fev. 2016.

TOZONI-REIS, M. F. de C. Pesquisa-ação em educação ambiental. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 03, n. 01, p. 155-169, 2008.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 07-16, 2008.

VIEIRA, L. R. et al. A questão do saneamento no espaço rural: uma abordagem ambiental em três localidades rurais no município de Nova Palma, RS. **REGET**, Santa Maria, v. 19, n. 01, p. 38-50, Jan/Abr 2015.

CAPÍTULO 2

RESUMO

MEDEIROS, MARAÍNA SOUZA. **Qualidade da água subterrânea utilizada para consumo humano em escolas do campo de Uberlândia-MG.** 2016. 190p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG⁷.

Escolas localizadas no meio rural geralmente se utilizam de águas subterrâneas captadas por poços artesianos para o consumo de alunos, professores e funcionários durante boa parte do dia. Além disso, estas águas podem não ter boa qualidade em função de problemas na sua forma de captação, sistema de armazenamento, encanamento que distribui a água ou até mesmo por diversas fontes pontuais de contaminação próximas as unidades escolares. Assim sendo, neste trabalho, amostras de águas subterrâneas foram coletadas por alunos de iniciação científica e de pós-graduação em quatro pontos de amostragem distribuídos entre três escolas do campo da região de Uberlândia selecionadas (Estado de Minas Gerais, Brasil), em 2016, com o intuito de avaliar a qualidade das águas subterrâneas captadas por poços artesianos e que são utilizados para o consumo humano. Além disso, com base em um formulário, foram analisadas as condições higiênico-sanitárias do sistema de captação, armazenamento e distribuição de água das três escolas a fim de verificar se existe relação com a qualidade da água ofertada. Para todas as amostras de águas subterrâneas foram avaliados parâmetros físicos (turbidez, cor aparente, condutividade elétrica e temperatura), parâmetros químicos (pH, sólidos totais dissolvidos, salinidade, dureza total, ferro total, carbono orgânico total e cloro residual) e microbiológico dessas águas, os resultados analíticos foram tratados estatisticamente por meio de análise descritiva e método multivariado (correlação de Pearson), com nível de significância de $p < 0,05$. Das três instituições de ensino monitoradas, todas são abastecidas por poço artesiano, contendo apenas a cloração como mecanismo de tratamento químico, e somente uma das escolas foi identificada a presença de fossa séptica como sistema de coleta de esgoto. Os três poços apresentaram caixas d’água com material constituinte metálico, inclusive, exibindo pontos de ferrugem bastante evidentes (escolas B e C). Das escolas monitoradas, todas apresentaram águas em discordância com os padrões estabelecidos pela Portaria n. 2914/2011 do Ministério da Saúde em pelo menos um dos parâmetros avaliados. A Escola do Campo A apresentou qualidade inadequada da água de consumo com relação à turbidez, cor aparente, ferro (caixa d’água), COT, e *E. coli*. A Escola do Campo B, em contrapartida, teve valores acima do permitido pela legislação apenas com relação à cor aparente da água, tornando-a inadequada quanto a sua característica organoléptica. Por fim, a Escola do Campo C apresentou valores elevados de cor aparente, CE, pH, COT, e *E. coli*. Tais resultados refletem a possibilidade de contaminação biológica da água por esgotos e áreas de pastagem, assim como da necessidade de medidas emergentes e periódicas de limpeza e manutenção dos sistemas de armazenamento e distribuição das águas de consumo das escolas.

Palavras-chave: Água de consumo, Poço artesiano, Condições higiênico-sanitárias.

⁷ Comitê Orientador: Sheila Cristina Canobre – UFU e Fábio Augusto do Amaral – UFU.

ABSTRACT

MEDEIROS, MARAÍNA SOUZA. **Quality of the ground water used for human consumption in schools in the field of Uberlândia-MG.** 2016. 190p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG⁸.

Schools located in rural areas often use groundwater captured by artesian wells for the use of students, teachers and staff for most of the day. In addition, these waters may not have good quality due to problems on their way to capturing, storage, plumbing system that distributes the water or even several point sources of contamination near the school units. Therefore, in this work, ground water samples were collected for students of undergraduate and graduate students in four sampling points distributed among three rural schools of Uberlândia (State of Minas Gerais, Brazil), in 2016, in order to assess the quality of groundwater captured by artesian wells that are used for human consumption. In addition, on the basis of a form, were analyzed sanitary hygienic conditions of the catchment system, storage and distribution of water from three schools in order to verify if there is a relationship with the water quality supplied. For all groundwater samples the physical parameters were evaluated (turbidity, apparent color, electrical conductivity and temperature), chemical parameters (pH, total dissolved solids, salinity, total hardness, total iron, total organic carbon and residual chlorine) and microbiological (*E. coli*). To better understand the physical, chemical and microbiologic behavior of these waters, the analytical results were processed statistically by means of descriptive and multivariate method analysis (Pearson correlation coefficient), with a significance level of $p < 0.05$. Of the three monitored all education institutions are supplied by an artesian well, containing only the chlorination as chemical treatment mechanism, and only one of the schools was identified the presence of septic tank as a sewage collection system. The three wells presented water boxes with metallic constituent material, showing rust spots quite evident (schools B and C). Schools monitored, all presented in disagreement with the standards set by ministerial order no 2914/2011 the Ministry of health in at least one of the parameters evaluated. The rural School A presented inadequate drinking water quality with respect to turbidity, apparent color, iron (water tower), COT, and *E. coli*. The rural School B, on the other hand, had values above permitted by legislation only in relation to the apparent color of the water, making it unsuitable as its organoleptic characteristic. Finally, the rural School C presented high values of apparent color, EC, pH, TOC, and *E. coli*. These results reflect the possibility of biological contamination of the water by sewage and pasture areas, as well as the need for emerging measures and regular cleaning and maintenance of storage and distribution systems of water consumption of the schools.

Keywords: Drinking water, Artesian well, Hygienic-sanitary conditions.

⁸ Comitê Orientador: Sheila Cristina Canobre – UFU e Fábio Augusto do Amaral – UFU.

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial a todos os seres vivos, sendo considerada como um dos nutrientes mais importantes para o ser humano. Ela participa ativamente das reações químicas do organismo, sendo consumida em maior quantidade do que qualquer outro alimento substancial (SOUZA et al., 2015). No entanto, a qualidade desse recurso natural finito vem piorando sensivelmente em função do crescimento exponencial da população e da ausência de políticas públicas direcionadas para sua preservação (MERTEN; MINELLA, 2002). Tal qualidade vem sendo alterada em função do potencial da água em transportar substâncias e moléculas bióticas e abióticas ao longo da superfície terrestre, chegando até rios, lagos, oceanos e aquíferos, transformando-os em um local de concentração dos materiais arrastados. Portanto, a análise qualitativa e quantitativa da água é importante ao passo que indica a necessidade de mudança de um determinado ambiente, com vistas a diminuir contaminações, aumentar a oferta de recursos hídricos adequados para consumo e, assim, melhorar a qualidade de vida dos seus usufrutuários (CASALI, 2008).

A diminuição da água disponível para consumo humano e o seu risco de acabar em breve está diretamente relacionada à ação desregrada e inconsciente do próprio homem, comprometendo assim a sua própria existência (OLIVO; ISHIK, 2014). No meio rural, essa depreciação do recurso natural está relacionada às condições inadequadas dos poços artesianos que captam a água (poços com estrutura física deteriorada e mal vedada) e que geralmente estão próximos de fontes de poluição, como fossas sépticas e pastagens de animais (ASSUNÇÃO et al., 2015). Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011)⁹ apontam que a avaliação obtida sobre o serviço de saneamento básico até o ano de 2008 é diferenciada no Brasil. Quanto à existência de rede de distribuição de água, 33 municípios declararam não possuir tal serviço enquanto que 2495 municípios, distribuídos pelas Unidades de Federação, declararam não possuir sistema de esgotamento sanitário. A ausência de rede básica de saneamento geralmente é compensada por soluções alternativas como chafariz, poço particular, carro-pipa, cisternas e outros. Em contrapartida, a ausência de serviços de esgotamento sanitário é compensada por soluções alternativas que constituem, na verdade, na precariedade do serviço de coleta de esgoto do país, como fossas sépticas e

⁹ Atlas de saneamento 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtml>

sumidouro, fossa rudimentar, fossa seca, vala a céu aberto e despejo em corpos d'água. Tais alternativas acabam refletindo em impactos de ordem ambiental e salutar para os seus usuários (IBGE, 2011).

Por ser raro o serviço de abastecimento de água, muitas comunidades e populações da zona rural se apropriam da água subterrânea para fins de consumo humano. Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente n. 396, água subterrânea é aquela proveniente do subsolo que ocorre naturalmente ou artificialmente (BRASIL, 2008). Águas captadas de poços artesianos (água subterrânea) geralmente apresentam melhor qualidade físico-química e microbiológica quando comparadas com as águas superficiais, pois estas estão mais expostas a agentes poluentes. Com a crescente utilização das águas subterrâneas para diversos fins, aumenta-se na mesma proporção a importância de se monitorar a qualidade dessas águas (COSTA et al., 2012). Ademais, nessas localidades geralmente existem escolas do campo em que se concentram muitas crianças que passam boa parte do tempo nesses ambientes (CASALI, 2008). O consumo de água nessas escolas se torna intenso durante o dia, principalmente em atividades para hidratação, bem como, nas de higiene pessoal e preparo dos alimentos. Muitas dessas escolas não realizam manutenção periódica de seus reservatórios de água, o que pode gerar contaminação. Além disso, o consumo de água e alimentos contaminados pelas crianças as torna vulneráveis quanto às tox-infecções alimentares e também podem comprometer o seu desenvolvimento escolar (FARIA et al., 2013).

Portanto, para que a água subterrânea utilizada para consumo humano seja considerada de qualidade é preciso realizar o diagnóstico qualitativo mediante análises físicas, químicas e microbiológicas, de forma a verificar se ela está dentro dos valores de referência estabelecidos pela legislação vigente. Para isso, no Brasil, existem duas legislações vigentes que tratam da potabilidade da água para consumo humano e do enquadramento das águas subterrâneas, respectivamente, Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e Resolução n. 396, de 03 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2008).

A região Sudeste de Minas Gerais, especificamente, apresenta um caráter essencialmente agrícola e pecuarista, sendo o desenvolvimento de atividades pecuárias em maior destaque devido às condições propícias que o bioma Cerrado oferece a ela (IBGE, 2015). Nesta região, existem 12 escolas do campo distribuídas na área

correspondente à cidade de Uberlândia (INEP, 2015). Tendo em vista que as escolas do campo da Região de Uberlândia, Minas Gerais, estão inseridas em localidades que predominam atividades agrícolas como: produção de cana de açúcar, gado de corte, frutas e hortaliças, leite, piscicultura e suinocultura (LISBOA et al., 2015) que podem contribuir para a contaminação dos recursos hídricos. Ademais, estas escolas são atendidas parcialmente pelos serviços de saneamento básico do município de Uberlândia e, geralmente, não realizam análise periódica da água consumida. Portanto, neste contexto, surgem as seguintes suposições: (1) O monitoramento da qualidade da água é essencial, pois ela pode transmitir doenças por diferentes mecanismos (ingestão de água contaminada, quantidade insuficiente que leva a hábitos higiênicos insatisfatórios e a situação da água no ambiente físico que leva a proliferação de vetores causadores de doenças); (2) Nestas áreas rurais existem normalmente escolas que utilizam-se de mecanismos de saneamento inadequados (ausência de manutenção periódica dos reservatórios, bem como, proximidade de fossas sépticas dos reservatórios de água) e que, consequentemente, afetam a saúde das crianças e funcionários que se apropriam dessa água durante o período de permanência destes na escola e; (3) Essas unidades de ensino podem estar suscetíveis a processos de evasão escolar, rendimento inferior dos educandos e outros em decorrência de doenças adquiridas pelo consumo de água fornecida por esses ambientes fora dos padrões de potabilidade preconizados pelo Ministério da Saúde.

1.1 Problema de pesquisa

Com base nessas hipóteses, o presente estudo pretendeu responder: Existe correlação entre a qualidade físico-química e microbiológica ofertada para consumo humano nas Escolas do Campo investigadas com a situação higiênico-sanitária predominantes?

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Realizar um diagnóstico da qualidade da água ofertada para o consumo humano em três Escolas do Campo situadas na região de Uberlândia, Minas Gerais, e verificar

sua relação com o sistema de abastecimento utilizado, a manutenção adotada e as situações higiênico-sanitárias predominantes nas unidades educacionais.

1.2.3 Específicos

- Descrever as condições higiênicas e sanitárias predominantes nas Escolas do Campo investigadas;
- Caracterizar o sistema de abastecimento de água existente nas Escolas do Campo;
- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas que atestem a qualidade da água de consumo ofertada nas escolas e;
- Avaliar os resultados analíticos com base nos padrões de potabilidade preconizados pela Portaria do Ministério da Saúde n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011 e pela Resolução n. 396, de 03 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2008).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Água no contexto da zona rural

Processos como a industrialização, urbanização e reestruturação produtiva provocaram mudanças significativas no Brasil, principalmente sobre as relações campo e cidade, condicionado às novas dinâmicas (econômicas, sociais, culturais e políticas) e funcionalidades para os meios urbano e rural e seus conteúdos, dando um novo significado. Em função dos impactos socioambientais nas localidades urbanas brasileiras e a valorização do espaço rural, proporcionou-se uma resignificação deste espaço como não sendo somente um local para desenvolvimento de atividades agrícolas, mas também como um espaço ideal para se viver (HESPAÑOL, 2013). Como consequência disso, o meio rural passou a desenvolver atividades que antes eram tipicamente urbanas, tais como: (a) Aspectos ambientais e de proteção à natureza; (b) O lazer e o turismo; (c) Atividades como a caça e a pesca e; (d) O acolhimento de pessoas que pretendem morar temporária ou permanentemente (BALSADI, 2001). Portanto, o meio rural é visto, principalmente, pela população urbana como sendo um local de refúgio do estresse e da poluição. As pessoas da cidade são atraídas para o campo em virtude do ar puro, água cristalina, mata intocada e paisagens exuberantes (CASALI, 2008).

No meio rural, a apropriação de água subterrânea, por meio de poços tubulares, para consumo humano é muito comum. Existem três condições diferentes que favorecem a ocorrência de água subterrânea no subsolo e que influencia diretamente na sua qualidade: Rochas fraturadas; Terrenos fraturados-cársticos e; Rochas sedimentares. A água subterrânea de ocorrência em rochas sedimentares é a de melhor qualidade, pois a água se encontra armazenada entre os grãos da rocha (BRASIL, 2007). Para que a água subterrânea captada para consumo humano seja de qualidade é preciso se atentar para a forma de construção do poço tubular (perfuração do poço, vedação, filtros, e outros), conforme preconiza a NBR 12244 (1992)¹⁰ e a NBR 12212 (1992)¹¹. Caso não sejam cumpridas essas normas de construção dos poços tubulares, estes se tornam suscetíveis de contaminação em função de alguns fatores construtivos,

¹⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Construção de poço para captação de água subterrânea. **NBR 12244**. 1992. 6p.

¹¹ _____. Projeto de poço para captação de água subterrânea. **NBR 12212**. 1992. 5p.

tais como: (a) Não isolamento das camadas indesejáveis durante a perfuração do poço; (b) Ausência de laje de proteção sanitária e altura inadequada da boca do poço; (c) Proximidade de pontos potenciais de contaminação da água (fossas sépticas, áreas de pastagem, postos de gasolina e lixões); (d) Não desinfecção do poço após sua construção e; (e) Não cimentação do espaço anelar entre o furo e o poço, que facilita a entrada de águas superficiais (BRASIL, 2007). Na Tabela 1 seguem descritas as principais fontes de contaminação das águas subterrâneas.

TABELA 1 - Principais fontes potenciais de contaminação de mananciais subterrâneos.

Fonte de contaminação	Forma de contaminação	Indicador de contaminação
Ausência de saneamento básico	Lançamento de esgoto doméstico e industrial, sem tratamento prévio, em corpos d'água; E proximidade de fossa séptica do poço tubular.	<ul style="list-style-type: none"> - Elevadas concentrações de Nitratos e; - Presença de bactérias patogênicas (por exemplo, <i>E. coli</i>) e vírus.
Resíduos sólidos	Descarte inadequado de lixo em áreas urbanas e rurais.	<ul style="list-style-type: none"> - A decomposição dos resíduos sólidos geram gases (sulfídrico, metano e mercaptano) e chorume (alta concentração de matéria orgânica e elementos-traço). - Alta concentração de coliformes fecais.
Agricultura	Uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos no solo e nos cultivos.	<ul style="list-style-type: none"> - Altas concentrações de organoclorados, organofosforados e carbamatos. - Alta concentração de nitrato em função do uso de fertilizantes contendo o elemento nitrogênio.
Indústria	Manuseio de produtos tóxicos contaminantes e ocorrência de acidentes ou vazamentos nos processos produtivos, de transporte ou de armazenamento de matérias-primas e produtos da indústria.	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de combustíveis líquidos, solventes aromáticos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, metais e solventes halogenados.
Postos de combustíveis	Vazamento de tanques de armazenamento de combustíveis derivados do petróleo.	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de hidrocarbonetos de petróleo como, por exemplo, o benzeno. - Ocorrência de pH ácido;
Mineração	Infiltração da água da chuva sobre os rejeitos gerados pela atividade mineradora.	<ul style="list-style-type: none"> - Altos valores de ferro total e sulfato total; - Altas concentrações de

...continuação.

Cemitérios	Decomposição dos corpos sepultados.	elementos-traço.
		<ul style="list-style-type: none">- Aumento da concentração de sais minerais no aquífero freático (bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio);- Aumento da concentração de metais (ferro, alumínio, chumbo e zinco);- Aumento de bactérias heterotróficas proteolíticas.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007).

Portanto, o crescimento exponencial de atividades urbanas e agropecuárias, tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento, indicam que há a possibilidade de comprometimento da qualidade da água (superficial e subterrânea) em função dessas atividades antrópicas. O uso das águas subterrâneas, principalmente em comunidades rurais, se explica pela pouca disponibilidade de recursos hídricos provenientes de mananciais de superfície (por exemplo, áreas semiáridas), o uso intenso dos mananciais de superfície para a prática de irrigação (maior atividade consumidora de água no Brasil), e a busca de captação de água de melhor qualidade em regiões que já apresentam algum grau de contaminação. De maneira geral, as águas subterrâneas estão mais protegidas de possíveis contaminações se comparadas às águas superficiais. No entanto, o processo de lixiviação favorece a contaminação de aquíferos subterrâneos ao passo que transporta substâncias dissolvidas, por meio da percolação da água da chuva ou de irrigação no solo, favorecendo a contaminação desses reservatórios tidos como de melhor qualidade. Fatores como natureza do fertilizante utilizado na agricultura (ex. nitrato e fósforo) e as propriedades físico-químicas do solo são primordiais para se determinar a condição de lixiviação (processo de solubilização de substâncias químicas presentes nos fertilizantes aplicados no solo pela ação da água da chuva ou pela de água de irrigação) no perfil do solo, assim como seu potencial de contaminação da água subterrânea (EMBRAPA, 2002).

Segundo Lourencetti et al. (2007), as ações necessárias para reduzir as diversas fontes de contaminação da água subterrânea (MOREIRA; CONDÉ, 2015) são os programas de monitoramento ambiental, mediante pesquisas de campo e em laboratórios, de forma a fornecer subsídios para o planejamento e implantação de políticas públicas de cunho governamental. Além disso, Menezes et al. (2013) relataram que a educação sanitária e ambiental também é uma forma de conscientizar e

sensibilizar comunidades rurais quanto à importância dos mananciais subterrâneos e, assim, refletir na qualidade de vida do homem do campo.

2.2 Água no contexto das escolas do campo

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima-se que aproximadamente 88% das mortes causadas por diarreia estão associadas à ausência de saneamento básico. Um fator comum que auxilia na transmissão de diarreia, por exemplo, são as fossas sépticas contaminadas por fezes humanas. De modo geral, os quatro fatores que influenciam na disseminação de doenças de veiculação hídrica são: saneamento básico; qualidade da água; higiene pessoal e; higiene doméstica (PNUD, 2006). Outra consequência oriunda da falta de saneamento é a dificuldade de acesso das crianças à escola, pois a falta de rede coletora de esgoto, principalmente em localidades rurais, ocasiona um rendimento escolar 18% inferior se comparado com aquelas crianças que tem acesso universalizado de serviços de saneamento básico. Esse rendimento escolar reduzido se explica pelo número elevado de internações de crianças em hospitais provocadas pelas doenças de veiculação hídrica e que muita das vezes levam a óbito (MOTA et al., 2015). Segundo Casali (2008), a segunda maior causa de mortalidade infantil está associada à má qualidade de água para consumo e a precariedade do serviço de saneamento. Nesse sentido, uma forma de reduzir esse problema é a presença de infraestruturas hidráulicas e instalações sanitárias adequadas e que forneçam água de qualidade para o consumo humano (PNUD, 2006).

Segundo dados do Instituto Trata Brasil (ITB, 2008), em 2008, 59,6% dos alunos (0 a 17 anos de idade) matriculados relataram que o principal motivo que os levaram a faltar na escola foi o desenvolvimento de doença. Já no período de 2011, 50% das internações por diarreias ocorreram em crianças menores de cinco anos (fase em que a atividade cerebral do educando está em desenvolvimento) (ITB, 2015). Portanto, o quadro de faltas causadas por doenças como Hepatite A, diarreia e doença diarreica aguda em crianças menores de 5 anos (BRASIL, 2015) possivelmente afeta a qualidade educacional do país, podendo reduzir o rendimento escolar desses alunos e até provocar uma possível evasão escolar.

Segundo Razzolini e Günther (2008), a dose infectante e a capacidade de defesa do organismo contra o agente patológico são fatores determinantes para o desenvolvimento de doenças infectocontagiosas, principalmente para os grupos

vulneráveis: crianças e idosos. Para as crianças, o desenvolvimento de uma doença vinculada à água de má qualidade é favorecido pelo fato desses indivíduos, menores de cinco anos, apresentarem o sistema imunológico comprometido (seja por desnutrição ou por estarem em processo de desenvolvimento). Já os idosos são considerados imunodeprimidos, o que favorece o desenvolvimento de doenças pela má qualidade da água consumida. Nesse sentido, os autores ressaltam que fatores como pobreza, água de consumo e saneamento ambiental inadequados são determinantes para comprometer o desenvolvimento escolar de crianças. Portanto, a disponibilidade de no mínimo serviços básicos de saneamento, principalmente em localidades rurais (população mais vulnerável), é essencial para promover o desenvolvimento e uma melhor qualidade de vida para essas pessoas.

2.3 Qualidade da água para consumo humano

A qualidade da água, por definição, é aquela que atende aos padrões de potabilidade pelos órgãos responsáveis, assim como não oferece riscos à saúde humana. Esta qualidade depende proporcionalmente do seu uso a que se destina, por exemplo, para recreação, consumo humano, irrigação e entre outros. Ademais, para cada tipo de uso do recurso hídrico existe um padrão de potabilidade específico estabelecido pela legislação (SOUZA et al., 2014). Assim, a Resolução n. 357 de 2005 sobre a classificação e o uso das águas, por exemplo, estabelece os limites aceitáveis para os parâmetros físicos, químicos e biológicos, levando em consideração os seus diferentes usos. Já a Resolução n. 396 de 2008 estabelece os padrões aceitáveis para uma classe de água específica (águas subterrâneas). No que tange ao uso de água para consumo humano, a Portaria n. 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde, é responsável por procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água, assim como dos padrões de potabilidade exigíveis para esse fim. Nesse sentido, para manter a qualidade da água essencial ao ser humano é preciso ações constantes de vigilância e monitoramento pelos órgãos fiscalizadores. No entanto, é preciso ressaltar a importância do papel da sociedade em manter a limpeza e manutenção das fontes de água, poços artesianos, bem como dos reservatórios de armazenamento de água (PALUDO, 2010).

A poluição das águas significa contaminar organismos e plantas nos lagos, rios, oceanos e águas subterrâneas em função de atividades antrópicas (agricultura,

atividades industriais, uso doméstico inadequado, e despejo de efluentes) (SILVA; GIUNTI, 2014). Quanto à natureza dos agentes poluidores em águas, estes podem ser compostos químicos, biológicos, esgotos, resíduos eletrônicos e orgânicos. Em especial, os agentes biológicos são responsáveis por várias doenças de veiculação hídrica, proveniente do despejo sem o devido tratamento de efluentes doméstico e industrial (VIANNA, 2015). Segundo Casali (2008), as doenças associadas à qualidade da água são classificadas em: (a) Doenças transmitidas pela água (ingestão de água contaminada com substâncias ou organismos patogênicos, causada pela deposição de dejetos de origem animal e humana); (b) Doenças associadas à água (são causadas pelo simples contato com a água, podendo expor o corpo humano a agentes patogênicos); (c) Doenças cujos vetores se relacionam com a água (são doenças transmitidas por vetores que passam maior parte do seu ciclo de vida na água ou que ficam perto dela) e; (d) Doenças relacionadas com a falta de saneamento básico e má higiene (são situações que colocam o ser humano em situação de risco, como hábitos de higiene inadequados, lavar os alimentos com água contaminada ou ingestão de peixes ou outros organismos aquáticos crus e contaminados por patógenos).

Em virtude das diversas doenças causadas pela má qualidade da água é que se faz necessária à adoção de medidas emergentes que visem proteger a saúde da população como, por exemplo, com a instalação de estações de tratamento de esgoto antes de seu lançamento em corpos d'água e a adoção de métodos de tratamento adequados que visem à eliminação de organismos patogênicos causadores de doenças, bem como de substâncias químicas tóxicas (SANTOS et al., 2013). Aliada a necessidade de condições infraestruturais que permitam tratar a água e torná-la potável, é importante salientar o papel fundamental de cada cidadão em promover a conscientização, a educação e, sobretudo, o empenho em promover a conservação dos ambientes naturais, a fim de oferecer um melhor bem estar tanto para a geração presente quanto para as futuras (CASALI, 2008). Para isso, Barçante et al. (2014) reforçam que o processo de educação ambiental para reduzir a poluição e contaminação das águas subterrâneas, em específico, é uma forma de se direcionar as ações da comunidade para o uso responsável e sustentável dos recursos hídricos disponíveis.

2.3.1 Parâmetros de potabilidade da água

São considerados, neste trabalho, como parâmetros para avaliação da qualidade da água ofertada em escolas do campo da região de Uberlândia-MG os parâmetros físicos (cor aparente, turbidez, condutividade elétrica e temperatura), químicos (pH, cloro residual livre, ferro total, dureza total, carbono orgânico total, sólidos totais dissolvidos, e salinidade) e biológico (*E. coli*).

A vigilância e o monitoramento da qualidade da água para consumo humano é de fundamental importância, visto que são ações que determinam as condições ambientais e de saúde pública de uma população ou comunidade com base nos seus indicadores de qualidade. A vigilância consiste em acompanhar o comportamento de eventos específicos contrários à saúde da comunidade, ao passo que o monitoramento trabalha especificamente com indicadores de qualidade ambiental (BRASIL, 2006). Tanto na Portaria n. 2914 de 2011 (BRASIL, 2011) quanto na Resolução n. 396 de 2008 (BRASIL, 2008), são considerados alguns parâmetros físicos, químicos e microbiológicos relacionados à qualidade da água para consumo humano, bem como, do enquadramento de águas subterrâneas. Nesse sentido, a seguir são destacados alguns parâmetros essenciais para avaliação da potabilidade da água.

2.3.1.1 Físicos

A **cor aparente** é um parâmetro físico que é determinado mediante a presença de matéria orgânica em água (substâncias húmicas, taninos, compostos de ferro e manganês e do lançamento de diversos tipos de resíduos industriais fortemente coloridos) (LIBÂNIO, 2010). Cor elevada em sistemas de abastecimento de água é esteticamente indesejável, uma vez que provoca a rejeição do consumidor e o leva a buscar outras fontes de água muitas vezes consideradas inseguras (BRASIL, 2009).

A determinação do parâmetro cor aparente (partículas suspensas na água) é realizada mediante dois tipos de métodos analíticos: Determinação por disco comparador colorimétrico e por espectrofotometria. A unidade de medida que expressa a cor aparente é unidade de cor (uC) ou unidade Hazen (uH) (BRASIL, 2014).

Valores significativos de cor podem dificultar o processo de manutenção da concentração de cloro residual na rede de distribuição, assim como favorece a formação de subprodutos indesejáveis, como os Trihalometanos (LIBÂNIO, 2010). Nesse sentido, a Portaria n. 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde estabelece como limite aceitável para cor aparente em água para consumo humano de até 15 uC.

A **turbidez** pode ser provocada pela presença de plâncton, algas, matéria orgânica e muitas outras substâncias como zinco, ferro, manganês e areia, em função de processos naturais de erosão ou por despejos de efluentes domésticos e industriais. Portanto, a turbidez está relacionada com a presença de materiais sólidos em suspensão que reduzem a transparência da água. Água com turbidez elevada oferece desvantagens, pois dificulta o processo de desinfecção pela proteção que os sólidos suspensos oferecem aos microrganismos presentes na água (BRASIL, 2009). A unidade de medida que representa a turbidez é denominada UT (Unidade de Turbidez) (BRASIL, 2014).

Por ser um parâmetro intrinsecamente relacionado à eficácia do processo de desinfecção da água, a turbidez é considerado um indicador sanitário, bem como, de padrão de aceitação da água de consumo humano (BRASIL, 2009). Assim sendo, a Portaria n. 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde estabelece como valor máximo permitido de 5,0 uT.

A **condutividade elétrica (CE)** é responsável por indicar a capacidade da água natural de transmitir corrente elétrica pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Embora não seja um padrão de potabilidade na legislação brasileira vigente, a condutividade elétrica é um importante indicador de possível despejo de efluentes em um corpo d'água, pois está relacionado à concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) (LIBÂNIO, 2010). A unidade de medida que expressa a capacidade da água em transmitir corrente elétrica é de micro Siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Embora não seja considerado na legislação vigente como sendo um parâmetro de potabilidade, Libânio (2010) ressalta que em águas naturais geralmente apresentam condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que em águas receptoras de altas cargas de efluentes domésticos e industriais a condutividade pode atingir até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A **temperatura** é um parâmetro físico que está relacionado com os seguintes fatores: (a) Aumento do consumo de água; (b) Fluoretação; (c) Solubilidade e ionização de substâncias coagulantes; (d) Mudança do pH; (e) Desinfecção (adição de agente desinfetante); e outros (BRASIL, 2009). Por definição, a medição da temperatura em água e outros fluidos em geral consistem na intensidade da energia cinética do movimento aleatório das moléculas e sintetiza o processo de transferência de calor à massa líquida (LIBÂNIO, 2010).

O padrão de potabilidade brasileiro não estabelece temperatura máxima para a água de consumo humano, devido aos insignificantes efeitos à saúde e extrema dificuldade de alteração da temperatura da água para abastecimento de populações grandes (LIBÂNIO, 2010).

2.3.1.2 Químicos

O **pH (potencial hidrogeniônico)** corresponde à concentração de íons Hidrogênio na solução, mais especificamente, na água, representando a intensidade das condições ácidas ou alcalinas desse meio (BRASIL, 2009). Dentre os diversos parâmetros físico-químicos monitorados na estação de tratamento de água, o pH talvez se constitui no mais importante e de maior frequência, pois ele interfere em diversos processos e operações essenciais durante a potabilização da água, tais como: (a) Na adição de coagulantes; (b) No processo de desinfecção da água por adição de compostos de cloro; (c) No controle da corrosão de adutoras e redes de distribuição; (d) Na formação de subprodutos tóxicos como os Trihalometanos e; (e) No abrandamento de águas de durezas mais elevadas (LIBÂNIO, 2010). O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7 é considerada alcalina. Água com pH igual a 7 é considerada neutra (BRASIL, 2014).

Na Portaria n. 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde, recomenda-se que o valor do pH para água de consumo humano esteja na faixa de 6,0 a 9,5.

O **cloro residual livre** é um parâmetro essencial para garantir a qualidade da água, visto que ele é responsável por inativar organismos patogênicos ou não em águas de consumo humano e, assim, reduzir os índices de doenças vinculadas à água. A etapa de tratamento responsável pela inativação desses organismos é a desinfecção, que ocorre mediante a adição de agentes físicos e/ou químicos na água. Os principais produtos utilizados para a desinfecção são: hipoclorito de cálcio, cal clorada, hipoclorito de sódio e cloro gasoso. O cloro gasoso ao entrar em contato com a água se hidrolisa rapidamente para formar íons hidrogênio, cloreto e ácido hipocloroso. Este ácido, por sua vez, se dissocia gerando íons hidrogênio e hipoclorito. O ácido hipocloroso juntamente com o hipoclorito é responsável por oxidar a matéria orgânica indesejada, sendo a soma de suas concentrações conhecida como cloro residual livre em água, que varia em função da temperatura e pH (MEYER, 1994; SOARES et al., 2016).

Por se tratar de um parâmetro sanitário, a Portaria n. 2914 de 2011, do Ministério da Saúde, estabelece que o valor máximo permitido de cloro residual é de 2,0 mg L⁻¹ (BRASIL, 2011).

O parâmetro **ferro total** corresponde ao processo de dissolução de compostos de rochas e solos. O ferro é habitualmente encontrado nas águas naturais, superficiais e subterrâneas, nas formas insolúvel (Fe^{+3}) e dissolvida (Fe^{+2}), como, por exemplo, na forma de óxidos, silicatos, carbonatos, cloretos, sulfatos e sulfitos. Em águas subterrâneas captadas por poços artesianos é mais comum a forma dissolvida. Teores de ferro acima de 0,5 ppm tornam a água com cor, sabor e odor alterados e, por esse motivo, tendem a causar a rejeição da população em se consumir esse tipo de água, por causarem manchas em roupas e pisos, e outros inconvenientes. Ademais, em poços artesianos a presença de elevados níveis de ferro implica em sua precipitação nos filtros e/ou pré-filtros, reduzindo a eficiência destes (PICANÇO et al., 2002).

Como a concentração de ferro em águas naturais não apresenta significado sanitário e os inconvenientes são apenas de natureza estética, a Portaria n. 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde, estabelece que o valor máximo permitido seja de 0,3 mg L⁻¹ (BRASIL, 2011).

O parâmetro **dureza total (DT)** tem por finalidade expressar em termos da concentração de carbonato de cálcio, CaCO_3 , que é equivalente à concentração total de cátions como cálcio e magnésio na água. O teste analítico de determinação de dureza total em águas é bastante útil para determinar a qualidade da água de uso doméstico, bem como, as de uso industrial. Na água de uso doméstico, quando há excesso de cálcio e magnésio, favorece a formação de sais insolúveis que se unem aos ânions dos sabões, provocando incrustações em tubulações. Já na água de uso industrial, o excesso de cálcio e magnésio e o aquecimento dessa água favorece a precipitação de carbonato de cálcio que, por sua vez, provoca a obstrução de caldeiras e tubulações (CRESTANI, 2013).

A dureza de águas é expressa em mg L⁻¹ de equivalente de carbonato de cálcio (CaCO_3) e classificada conforme a concentração obtida: (a) Mole ou branda (<50 mg L⁻¹ de CaCO_3); (b) Moderada (entre 50 e 150 mg L⁻¹ de CaCO_3); (c) Dura (entre 150 e 300 mg L⁻¹ de CaCO_3) e; (d) Muito dura (> 300 mg L⁻¹ de CaCO_3) (LIBÂNIO, 2010).

A dureza de águas não é considerada um fator sanitário, mas sim, de natureza econômica pelos diversos problemas que causa às tubulações e caldeiras de indústrias, e a necessidade de usar mais sabões e xampus no ambiente doméstico em virtude da alta

concentração de cálcio e/ou magnésio reduzirem a formação de espuma. No entanto, a Portaria n. 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde estabelece como valor máximo permitido de dureza em águas de 500 mg L^{-1} (BRASIL, 2011).

O parâmetro **carbono orgânico total (COT)** é um dos indicadores de matéria orgânica em águas naturais, sendo dividido em frações referentes às partes dissolvida ou particulada. O monitoramento do COT se tornou relevante quando se verificou a necessidade de se diminuir a formação de trihalometanos (THM) e outros subprodutos da desinfecção de águas. Vários estudos relatam que existe uma correlação entre a presença de trihalometanos em águas de abastecimento e o surgimento de câncer na população, em função da alta concentração de cloro livre na água de consumo reagindo com vários compostos orgânicos (os ácidos húmicos e fúlvicos, principalmente). Por isso, o controle da formação de THM é possível mediante a redução de compostos orgânicos (por meio de processos de aeração e oxidação, por exemplo) e o uso de processos alternativos de desinfecção da água (ozonização e radiação ultravioleta, por exemplo) (LIBÂNIO, 2010). Em águas subterrâneas, segundo Cohn et. al (1999), a concentração de COT é de 0,1 a 2,0 mg L^{-1} , ao passo que para águas superficiais varia de 1 a 20 mg L^{-1} .

Por se tratar de uma análise de elevado custo em função dos equipamentos extremamente sensíveis utilizados (auto-amostrador, vials, computador, gás de arraste), o monitoramento do COT no Brasil se tornou raríssimo. Além disso, a Portaria n. 2.914 de 2011 não faz menção ao valor máximo permitido para água de consumo humano (BRASIL, 2011).

O parâmetro **sólidos totais dissolvidos (STD)** são os sólidos presentes na água na forma volátil e fixa. Estes sólidos são constituídos por partículas com diâmetro inferior $10^{-3} \mu\text{m}$ e que permanecem em solução mesmo após o processo de filtração da água. A entrada de sólidos na água pode se dar tanto por ações antropogênicas (lançamento de lixo e esgoto) quanto por ações naturais (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) (BRASIL, 2014).

O padrão de potabilidade preconizado pela Portaria n. 2.914 de 2011 estabelece aos sólidos totais dissolvidos um limite de 1000 mg L^{-1} em água de consumo humano, uma vez que é um parâmetro que reflete a influência do lançamento de esgotos no corpo d'água, assim afeta a sua qualidade organoléptica (BRASIL, 2011).

O parâmetro **salinidade (S)** está relacionado à presença de sais minerais dissolvidos formados por ânions como cloreto, sulfato e bicarbonato, e cátions como

cálcio, magnésio, potássio e sódio. Os fatores que resultam na salinidade dos corpos d'água são: (a) Inserção da água do mar em aquífero freático; (b) Grau de intemperismo e composição das rochas e solos na bacia de drenagem; (c) Balanço hídrico referente à precipitação e a evaporação; (d) Influências e características das águas subterrâneas e; (e) O lançamento de águas residuárias domésticas e industriais (LIBÂNIO, 2010).

Para águas doces, a Resolução n. 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005) estabelece como padrão de potabilidade para salinidade de igual ou inferior a 0,5% (500 mg L^{-1}).

2.3.1.3 Microbiológico

A identificação de organismos patogênicos na água é, de maneira geral, muito complexa, pois são procedimentos analíticos que requerem altos cultos e também a dificuldade de se identificar com precisão os patógenos. Por esse motivo, recorre-se na identificação de organismos que indicam contaminação fecal como, por exemplo, *E. coli*, que uma vez presente na água remonta para a presença de matéria orgânica de origem fecal (humana ou animal), apontando para o potencial risco de desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica (BURGOS et al., 2014).

Os microrganismos patogênicos que podem oferecer riscos à saúde dos seres humanos são os vírus, bactérias, protozoários e helmintos. As bactérias do grupo coliforme, em especial, são eleitas como sendo de referência por possuírem as seguintes características: (a) São encontradas em fezes de animais de sangue quente, incluindo o ser humano; (b) São facilmente detectadas quantitativamente por técnicas simples e economicamente viáveis em qualquer tipo de água; (c) A quantidade de bactéria do grupo coliforme na água contaminada é diretamente proporcional ao grau de contaminação fecal desta; (d) Tem maior tempo de sobrevivência na água do que outros organismos patogênicos intestinais e; (e) São mais resistentes aos agentes desinfetantes do que os germes patogênicos (BRASIL, 2014).

A determinação da bactéria *E. coli* consiste em quantificar o Número Mais Provável (NMP) dessa bactéria em 100 mL de amostra analisada, por meio de técnicas que se utilizam de meios de cultura que favorecem a produção de ácido e gás pela fermentação. As três técnicas recomendadas pelo *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater* são: (a) Método de fermentação em tubos múltiplos; (b) Método de filtração em membranas e; (c) Método do substrato

Cromogênico MUG, com resultado confirmativo em até 24 horas. Os meios de cultura contêm em sua composição nutrientes indicadores (substrato cromogênico) que ao serem hidrolisados pelas enzimas específicas da *E. coli* resultam em uma mudança de cor no meio, produzindo fluorescência na amostra quando esta é exposta a luz ultravioleta. Portanto, o resultado da análise microbiológica para *E. coli* é expresso em NMP/100 mL (BRASIL, 2014; MARQUEZI, 2010).

Conforme preconizado pela Portaria n. 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a água destinada para o consumo humano deve apresentar ausência de *E. coli* para 100 mL de amostra analisada, haja visto que esse tipo de bactéria causa riscos severos à saúde humana (BRASIL, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Delineamento do estudo

O presente estudo trata-se de uma pesquisa do tipo descritivo-exploratória, pois buscou descrever completamente um determinado fenômeno, para o qual se baseou em análises empíricas (método quantitativo) e teóricas (método qualitativo). Tal método permitiu acumular informações detalhadas sobre o fenômeno estudado, com base na pesquisa-ação de caráter participativo (MARCONI; LAKATOS, 2003; GIL, 2002), com o objetivo de ter uma melhor compreensão da realidade estudada.

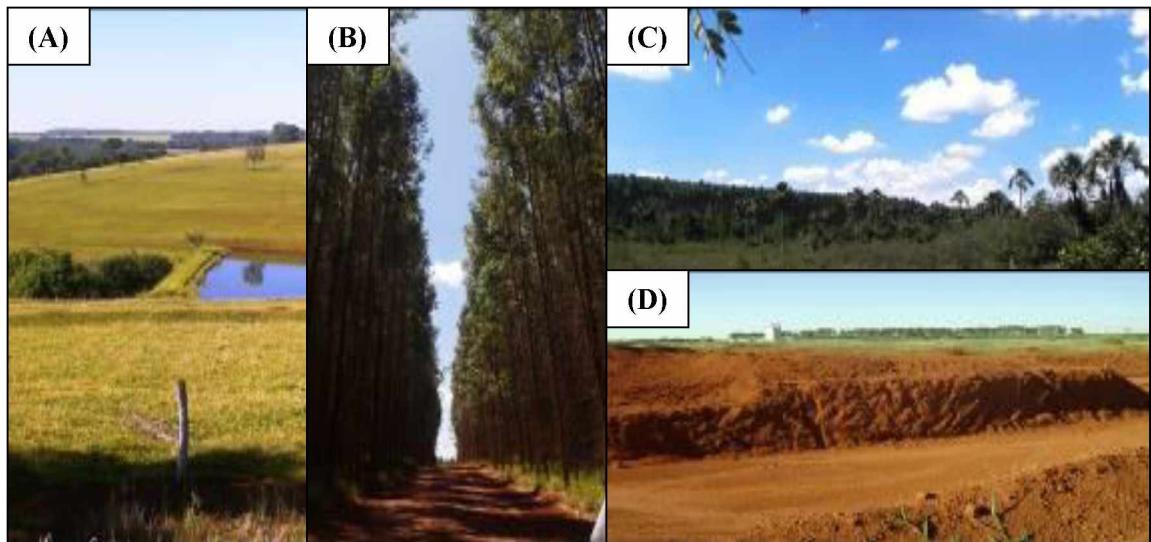
3.2 Caracterização do município de Uberlândia-MG

O estudo foi desenvolvido na cidade de Uberlândia, situada na região oeste do Estado de Minas Gerais e distante da capital mineira de até 537 km. Os limites do município são pelas seguintes cidades mineiras: Ao sul, Veríssimo; A sudeste, Uberaba; A norte, Araguari; A leste, Indianópolis; A oeste, Monte Alegre de Minas; A noroeste, Tupaciguara e; A nordeste, Cascalho Rico. Ademais, Uberlândia é considerada a maior cidade da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto do Paranaíba, e a 2^a maior cidade de Minas Gerais, após a capital Belo Horizonte (PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA, 2016). Segundo censo demográfico de 2016, o município de Uberlândia conta com uma população de 669.672 habitantes, e uma área territorial de 4.115,206 km² (IBGE, 2016).

Uma área de grande destaque do município é a produção econômica, visto que desde a década de 1970 ele tem incorporado extensas áreas voltadas para a prática da agricultura e pecuária comercial em função da sua posição geográfica estratégica, assim como da sua infraestrutura rodoviária (SANTOS; PETRONZIO, 2011). Quanto à hidrografia do município, este faz parte da bacia do Rio Paranaíba, o qual apresenta como afluentes os rios Araguari e Tijuco. As fontes de abastecimento de água para a população são provindas do rio Uberabinha, o qual é considerado um afluente do rio Araguari. O clima da cidade é tropical semiúmido com duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. Quanto ao relevo, o município apresenta planaltos e chapadas caracterizadas por um relevo tubular e ondulado. Por estar inserido no Bioma Cerrado, Uberlândia apresenta as seguintes fitofisionomias: vereda; campo limpo;

campo sujo; cerrado; cerradão; mata de várzea; mata galeria ou ciliar e; mata mesofítica. Os tipos de solos predominantes são: (a) Latossolo Vermelho Amarelo Ácrico (a 200 cm da superfície); (b) Latossolo Vermelho Distrófico (a 200 cm da superfície); (b) Gleissolo Háplico Tb. (solos com argila de baixa atividade e de alta fertilidade, a 200 cm da superfície); (c) Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (a 200 cm da superfície) e; (d) Gleissolo Háplico Tb. Distrófico (solos com argila de baixa atividade e de baixa fertilidade, a 200 cm da superfície) (BRITO; PRUDENTE, 2005). Segundo estudos realizados por Rodrigues e Araújo (2013), os solos predominantes no município de Uberlândia são muito antigos e intemperizados (latossolos), apresentando, assim, baixos teores de nutrientes disponíveis como: fósforo, potássio, alumínio, ferro, cálcio e magnésio, assim como um pH ácido. Como parâmetro físico, estes solos apresentam textura arenosa. Ademais, em termos de constituintes químicos, a fração argila destes solos é rica em ferro e alumínio na forma de óxidos, além de elementos-traço como cobre e zinco essenciais para as plantas. A Figura 3 mostra as principais características da região de Uberlândia, tais como usos e tipos de solo, relevo, e vegetação.

FIGURA 3 - (A) Relevo ondulado; **(B)** Reforestamento com eucaliptos; **(C)** Fitofisionomia de veredas (predominam solos hidromórficos); **(D)** Latossolo vermelho-amarelo distrófico.



Fonte: A autora (2016).

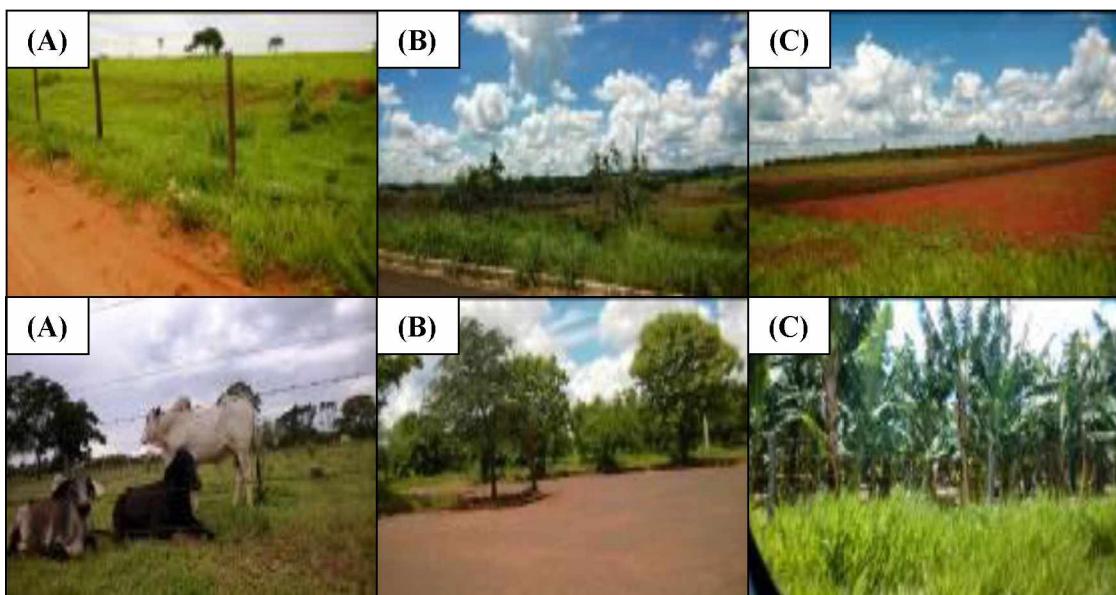
Com relação ao saneamento, Uberlândia é uma cidade privilegiada pelos serviços de saneamento básico, pois 100% da população urbana são atendidas por água

tratada e 99% por coleta de esgoto, sendo apenas algumas comunidades rurais atendidas pelo sistema de fossa séptica (ITB, 2016). Com relação à água de consumo humano, as comunidades rurais utilizam-se de água subterrânea captadas por meio de poços artesianos.

3.2.1 Caracterização das escolas do campo monitoradas

As Escolas do Campo, em especial, selecionadas no estudo estão distribuídas em áreas do município que, de certa forma, contempla todas as características sociais e ambientais existentes na região (Figura 4). Ao todo, foram selecionadas três escolas do campo que representa um quantitativo de 586 alunos, e que usufruem diretamente das águas analisadas.

FIGURA 4 - Uso e tipo do solo, relevo e vegetação predominantes no entorno das escolas do campo monitoradas no presente estudo. **(A)** Entorno da Escola do Campo A; **(B)** Entorno da Escola do Campo B; **(C)** Entorno da Escola do Campo C.



Fonte: A autora (2016).

Cada uma das escolas do campo foi avaliada quanto às características externas inerentes, tais como: relevo, presença de estradas, tipos de vegetação predominantes, agricultura local, tipos de solo de ocorrência na região, áreas de pastagem, fontes pontuais de poluição e contaminação dos corpos hídricos, forma de captação de água para consumo humano, existência de coleta e tratamento de esgotos, disposição dos

resíduos sólidos, e outros, conforme formulário de caracterização (APÊNDICE A) adaptado de Casali (2008), como mostra a Figura 4. Ademais, os pontos de amostragem foram registrados em fotografias, com o intuito de caracterizar os sistemas de captação, armazenamento e distribuição de água, bem como a manutenção adotada.

3.2.2 Períodos e métodos de amostragem da água das escolas

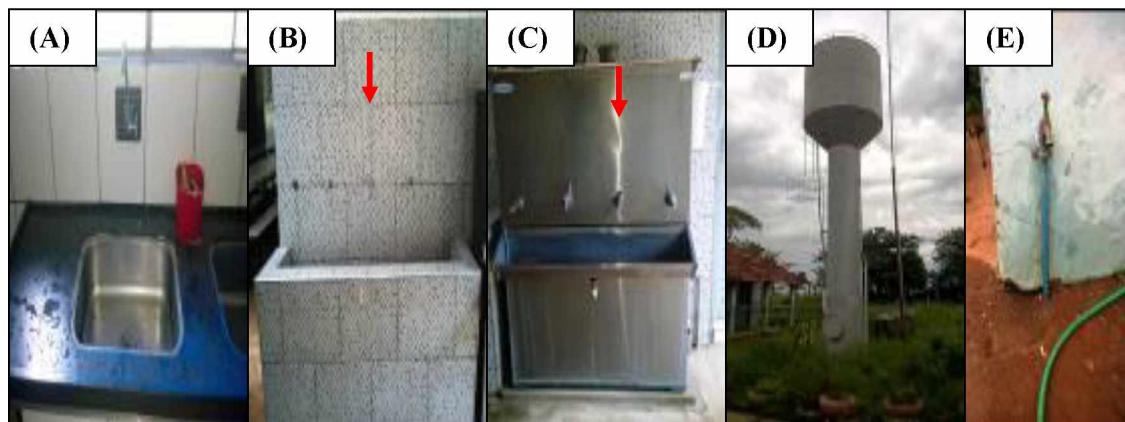
As amostragens da água consumida pelos alunos, funcionários e professores das escolas do campo foram realizadas em duas épocas do ano características da região de Uberlândia: entre os meses de março a junho (período em que predomina o verão chuvoso) e entre os meses de setembro a dezembro (período em que predomina o inverno seco). As épocas em que foram realizadas as amostragens já eram esperadas períodos de chuva e de seca, uma vez que são característicos da região de Uberlândia. Além disso, semelhante ao estudo de Capp et al. (2012), foi avaliado se a sazonalidade influenciava nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas subterrâneas captadas e consumidas por essas escolas. Portanto, para essas duas coletas realizadas foram adotadas quatro pontos de coleta: (a) Torneira da cozinha (Ponto 1); (b) Bebedouro dos alunos (Ponto 2); (c) Filtro (Ponto 3) e; (d) Caixa d’água (Ponto 4), a fim de ter melhor confiabilidade nos resultados analíticos. Ademais, adotou-se quatro pontos de amostragem a fim de averiguar a qualidade da água desde o seu armazenamento até a sua distribuição (Figuras 5, 6 e 7).

Para cada ponto monitorado, quanto aos parâmetros físico-químicos, foi adotada a amostra composta (NBR 9898), que consistiu em coletar no mesmo ponto três frascos de água, para obtenção da amostra homogênea, e, assim, realizar três repetições em laboratório quanto aos parâmetros mencionados. As amostras foram coletadas por alunos de iniciação científica do curso de Engenharia Ambiental e por uma aluna de pós-graduação em Qualidade Ambiental (ambos da Universidade Federal de Uberlândia – UFU). Para as análises microbiológicas, as amostras de água das três escolas foram coletadas em tubos falcon acondicionados em sacos plásticos com fecho hermético devidamente esterilizados, e com capacidade para 50 mL. Para as análises físico-químicas, as amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno (garrafas PET) de capacidade para 500 mL, previamente esterilizados com solução de limpeza de Ácido Clorídrico a 0,1 mol L⁻¹ e água deionizada. Os frascos de coleta foram

devidamente identificados por meio de etiquetas e abertos somente no local de coleta, conforme mostrado na Figura 8.

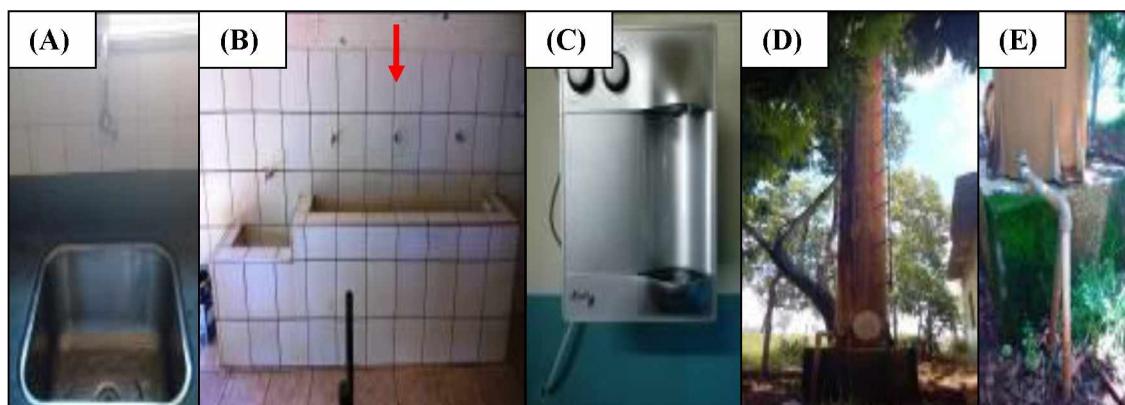
Após a coleta, os frascos foram tampados e acondicionados imediatamente em caixa de isopor limpa contendo gelo. As amostras foram conduzidas, num período de até doze horas, até o Laboratório de Efluentes e Armazenamento de Energia (LAETE) da UFU, Laboratório de Qualidade da Água (LAQUA) da UFU e Laboratório de Saneamento da Engenharia Civil da UFU, para serem realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas das amostras pela presente pesquisadora.

FIGURA 5 - Pontos de amostragem da Escola do Campo A. **(A)** Torneira da cozinha; **(B)** Bebedouro dos alunos; **(C)** Bebedouro – filtro dos alunos; **(D)** Caixa d'água do poço artesiano; **(E)** Torneira da caixa d'água.



Fonte: A autora (2016).

FIGURA 6 - Pontos de amostragem da Escola do Campo B. **(A)** Torneira da cozinha; **(B)** Bebedouro dos alunos; **(C)** Bebedouro – filtro dos professores; **(D)** Caixa d'água do poço artesiano; **(E)** Torneira da caixa d'água.



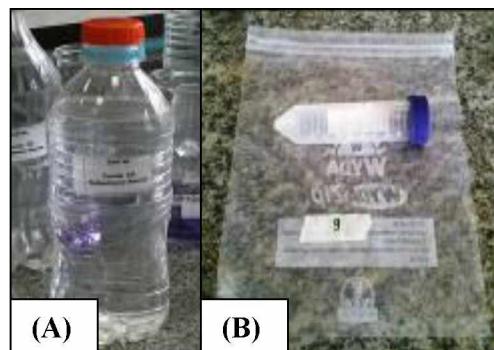
Fonte: A autora (2016).

FIGURA 7 - Pontos de amostragem da Escola do Campo C. **(A)** Torneira da cozinha; **(B)** Bebedouro dos alunos; **(C)** Bebedouro – filtro dos professores; **(D)** Caixa d’água do poço artesiano; **(E)** Torneira da caixa d’água.



Fonte: A autora (2016).

FIGURA 8 - Frascos de coleta adotados para as análises físico-químicas **(A)** e microbiológicas **(B)**.



Fonte: A autora (2016).

3.3 Métodos analíticos para determinação da qualidade da água de consumo humano

3.3.1 Parâmetros físicos

No LAETE, as amostras de água foram caracterizadas quanto ao parâmetro físico de turbidez. Já no LAQUA, as amostras de água foram caracterizadas quanto aos seguintes parâmetros físicos: cor aparente; condutividade elétrica (CE) e; temperatura.

As análises de **turbidez** foram realizadas no equipamento turbidímetro da marca HACH, modelo 2100 P, e que foi previamente calibrado com os padrões de formazina do próprio fabricante do equipamento. Após a calibração, procedeu-se a

leitura do branco (água deionizada) e, em seguida, a leitura das amostras reais, com o auxílio de cubeta de vidro redonda com tampa (10 mL), específica do equipamento. O resultado foi expresso em UNT (unidade nefelométrica de turbidez).

As análises de **cor aparente** foram realizadas utilizando-se um colorímetro digital de bancada da marca AquaColor Cor – Policontrol, e que foi previamente calibrado com os padrões fornecidos pelo próprio fabricante do equipamento. Após a calibração, procedeu-se a leitura do branco (água deionizada) e, em seguida, a leitura das amostras reais, com o auxílio de cubeta de vidro redonda com tampa (10 mL), específica do equipamento. O resultado foi expresso em uC (unidade de cor).

As análises de **condutividade elétrica** e **temperatura** foram realizadas mediante o medidor multiparâmetro portátil da marca HANNA®, modelo HI 9828, e que foi previamente calibrado, para o parâmetro condutividade elétrica (duas soluções padrão – $1413 \mu\text{S cm}^{-1}$ e $12880 \mu\text{S cm}^{-1}$), conforme exigências técnicas do aparelho. Após a calibração, procedeu-se a leitura das amostras emergindo a sonda do equipamento em um bêquer de vidro (1 L) contendo a amostra de interesse. Aguardou-se alguns minutos para estabilização do equipamento e, em seguida, anotou-se os resultados (tanto para condutividade elétrica quanto para temperatura). Para CE, o resultado foi expresso em $\mu\text{S cm}^{-1}$, já para a temperatura o resultado foi expresso em °C.

3.3.2 Parâmetros químicos

Os parâmetros químicos pH, ferro total, sólidos totais dissolvidos e salinidade das amostras de água coletadas foram realizados no LAQUA. No LAETE, as amostras de água foram caracterizadas quanto ao parâmetro químico dureza total. Já os parâmetros carbono orgânico total e cloro residual das amostras de água foram determinados no Laboratório de Fotocatálise Ambiental (LAFOT) e em campo, respectivamente.

As análises de **pH, sólidos totais dissolvidos** e **salinidade** foram realizadas com o auxílio do medidor multiparâmetro portátil da marca HANNA®, modelo HI 9828, e que foi previamente calibrado, para o parâmetro pH (três soluções padrão – 4,01; 7,01 e; 10,01), conforme exigências técnicas do aparelho. Após a calibração, procedeu-se a leitura das amostras emergindo a sonda do equipamento em um bêquer de vidro (1 L) contendo a amostra de interesse. Aguardou-se alguns minutos para

estabilização do equipamento e, em seguida, anotou-se os resultados de pH, sólidos totais dissolvidos e salinidade obtidos. Para sólidos totais dissolvidos e salinidade os resultados foram expressos em ppm e % de NaCl, respectivamente.

As análises de **ferro total** foram realizadas por meio do método colorimétrico, o qual quantifica presença de ferro em amostra de água por espectrofotometria de absorção molecular a um comprimento de onda de 510 nm. Para a calibração do equipamento foram preparadas seis soluções padrão de diferentes concentrações de ferro, a partir de uma solução estoque do metal, previamente preparada, de concentração 1 mg/L, para construção da curva padrão. As seis soluções padrão foram diluídas a partir da solução estoque, obtendo-se as seguintes concentrações: 0,0 mg L⁻¹; 0,1 mg L⁻¹; 0,2 mg L⁻¹; 0,4 mg L⁻¹; 0,6 mg L⁻¹; 0,7 mg L⁻¹. Em erlenmeyers de 250 mL, contendo cada uma das soluções acima, adicionou-se 2 mL de ácido clorídrico e 1 mL de hidroxilamina (para promover a redução do íon Fe³⁺ para Fe²⁺). Em seguida, moveu-se a digestão das amostras em uma chapa aquecedora a 240 °C, a fim de que estas amostras reduzissem seu volume a 20 mL. Após o período de resfriamento das amostras naturalmente, transferiu-se o conteúdo dos erlenmeyers para balões volumétricos de 50 mL. Posteriormente, adicionou-se a cada uma das amostras 10 mL de tampão acetato de amônio/ácido acético e 4 mL de solução fenantrolina, e completou-se com água destilada até a marca do menisco. Homogeneizou-se delicadamente as amostras e aguardou-se 15 minutos para proceder à leitura em espectrofotômetro de absorção molecular. Com os resultados obtidos dos padrões (absorbância) elaborou-se a curva padrão ($R^2=0,998$) com auxílio do recurso Programa Excel, conforme mostra a Equação 1. Com base nessa equação foi possível determinar a concentração de ferro total nas amostras coletadas.

$$Y = 0,2075x + 0,0023 \quad (\text{Equação 1})$$

O procedimento realizado nas amostras de água reais foi o mesmo realizado com as soluções padrão, sendo iniciado o processo analítico retirando-se uma alíquota de 50 mL da amostra de água e transferindo-se para um erlenmeyer de capacidade de 250 mL. Assim, após todas as etapas, realizou-se a leitura da absorbância e calculou-se a concentração de ferro total com base na Equação 1 da curva padrão aludida (expresso em mg L⁻¹).

As análises de **dureza total** foram realizadas pelo método de volumetria de complexação, no qual preparou-se uma solução de carbonato de cálcio com concentração esperada de 0,01 mol L⁻¹ para o processo de padronização da solução de EDTA 0,01 mol L⁻¹ utilizada no procedimento de titulação por complexometria. Para a padronização da solução de EDTA, titulou-se três amostras da solução de carbonato de cálcio 0,01 mol L⁻¹ e, assim, anotou-se o volume gasto em cada titulação. Mediante cálculos matemáticos (regra de três e equações químicas) obteve-se a concentração real do EDTA preparado (0,10 mol L⁻¹).

Para a determinação de dureza nas amostras de água procedeu-se da seguinte forma: (1) Pipetou-se, em três repetições de laboratório, 50,00 mL de amostra de água de cada ponto coletado e transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL com o auxílio de uma proveta de 50 mL; (2) Adicionou-se 4,0 mL de solução tampão (pH = 10) de hidróxido de amônio/cloreto de amônio e agitou-se por alguns segundos; (3) Adicionou-se 50,00 mL de água destilada, com o auxílio de uma proveta de 50 mL; (4) Em seguida, adicionou-se menos de 1 g de negro eriocromo T e agitou-se até a sua completa dissolução; (5) Titulou-se, gota a gota, com solução padrão de EDTA preparada previamente até o aparecimento de uma coloração azul celeste, agitando-se a amostra constantemente. O ponto de viragem é à saída da coloração violácea para azul celeste que se deu em questão de segundos. (6) Anotou-se o volume de EDTA gasto em cada titulação; (7) Calculou-se a dureza total da água expressando-se o resultado em mg/L de CaCO₃. Por fim, comparou-se os resultados analíticos alcançados com a Tabela 2 de classificação da dureza em águas.

TABELA 2 - Classificação de dureza da água.

Dureza em mg/L de CaCO ₃	Classificação da água
<15	Muito branda
De 15 a 20	Branda
De 50 a 100	Moderadamente branda
De 100 a 200	Dura
>200	Muito dura

Fonte: Libânio (2010).

As análises de **carbono orgânico total (COT)** foram realizadas mediante dois processos: oxidação catalítica do carbono total a 680 °C e deslocamento do equilíbrio do carbono inorgânico total após adição de ácido fosfórico a amostra. Portanto, o COT é

calculado pela diferença do CT (carbono total) e CIT (carbono inorgânico total). Assim sendo, a mineralização do carbono orgânico total das amostras de água foi medida empregando-se um analisador de carbono TOC-V_{CPH/CPN} da SHIMADZU, equipado com um *Autosampler Injector* modelo ASI-V. Após as amostras de água ser resfriadas a temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$), com o auxílio de uma seringa de capacidade de 20 mL, retirou-se uma alíquota de 35 mL da amostra e colocou-se em uma cubeta de vidro específica do equipamento. Antes disso, foi feita a ambientação dos frascos com as próprias amostras, assim como a limpeza com água destilada da seringa utilizada. A filtração das amostras com filtro Millex LCR foi dispensada pelo fato de não haver diferença significativa entre os resultados com e sem filtração. Em seguida, as amostras foram introduzidas no Analisador de COT, por injeção automática, ao serem acondicionadas no *Autosampler Injector*. Após o período de combustão das amostras, os resultados de COT expressos em ppm foram gerados pelo computador interligado ao analisador de carbono (ALCAIDE; FORTI, 2012).

As análises de **cloro residual livre** foram realizadas com base no método colorimétrico visual, utilizando-se um kit de análise de cloro e pH de piscina, marca GENCO®. Antes da análise em campo, procedeu-se a ambientação do comparador com a própria água coletada e, posteriormente, foi desprezada. Para a determinação de cloro, adicionou-se 4 gotas de Reagente GENCO® Cl-OT (solução indicadora), na amostra contida no tubo do lado esquerdo do comparador (escala de cloro presente no kit para se comparar a coloração da amostra real com a coloração padrão do indicador). Tampou-se a amostra e, em seguida, homogeneizou-se, realizando-se a comparação do resultado colorimétrico do tubo com os padrões colorimétricos presentes no kit. O mesmo procedimento foi realizado para o parâmetro pH, exceto que o reagente utilizado foi o GENCO® pH e o tubo utilizado foi o do lado direito do comparador (escala de pH presente no kit para se comparar a coloração da amostra real com a coloração padrão do indicador). O resultado foi expresso em mg L⁻¹.

3.3.3 Parâmetro microbiológico

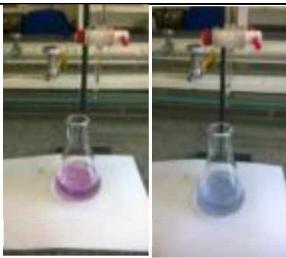
As análises microbiológicas, realizadas no Laboratório de Saneamento da Engenharia Civil/UFU, consistiram na determinação do número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes (*E. coli*) em águas de consumo das escolas selecionadas. Para tal, utilizou-se o método do substrato cromogênico (meio de cultura caldo lauril

sulfato MUG) em 24 h a \pm 44,5 °C (temperatura ideal em que as bactérias do grupo coliforme fermentam a lactose presente no meio de cultura) (FERNANDES; GOIS, 2015). As coletas e análises laboratoriais das amostras para avaliação de coliformes termotolerantes foram realizadas conforme procedimento adaptado do “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA, 2005). Os tubos falcon e sacos plásticos utilizados na coleta foram devidamente esterilizados em laboratório. Durante a coleta, foram utilizadas luvas de látex, álcool etílico 70% e lamparina para eliminar quaisquer interferentes ao longo do procedimento. Após a coleta da amostra adicionou-se 0,1 mL de Tiosulfato de Sódio 2 % para eliminar o cloro residual existente. Rapidamente, as amostras foram acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo para preservá-las durante o transporte até o laboratório. Todo o processo de preparo, coleta e análise ocorreram em menos de 12 horas (APHA, 2005).

Preparou-se, inicialmente, o meio de cultura caldo lauril sulfato MUG, de concentração simples, dissolvendo-se 35,65 g do caldo em 1 L de água destilada. Em seguida, aqueceu-se a mistura para que o meio se dissolvesse completamente. Logo, distribuiu-se 10 mL do meio de cultura, com auxílio de uma micropipeta automática, em 6 tubos de ensaio com rosca esterilizados e 5 mL do meio de cultura em 3 tubos, totalizando três series de 3 tubos. Tampou-se todos os tubos com algodão e esterilizou-se durante 15 minutos a 121°C, em autoclave devidamente destinada para esse fim. Também procedeu-se com a esterilização das ponteiras utilizadas em cada amostra, para evitar resultados falso-positivos. Após o resfriamento do material autoclavado, na câmara de fluxo laminar, procedeu-se a diluição de 1:1, 1:10 e 1:100 das amostras de água, com o auxilio de pipeta automática. As amostras inoculadas na etapa anterior foram incubadas em estufa por 24 h, sob temperatura controlada de \pm 44,5 °C. Posterior à incubação, as amostras foram expostas a luz ultravioleta e, então, a presença de coliformes termotolerantes (*E. coli*) pelo aparecimento da fluorescência azul (APHA, 2005). Com base no número de tubos com resultado positivo e da respectiva diluição adotada estimou-se, por tabela estatística, o número mais provável de coliforme termotolerante (*E. coli*) em 100 mL de amostra analisada (BRASIL, 2009).

A Tabela 3 mostra, de forma objetiva, os parâmetros analisados, o princípio dos métodos adotados, os equipamentos utilizados (registros fotográficos) e o volume gasto de amostra em cada parâmetro analisado.

TABELA 3 - Métodos analíticos adotados para determinação de parâmetros físico-químicos e microbiológico da água de consumo de três escolas do campo da região de Uberlândia, MG.

Parâmetro	Princípio do método	Instrumento analítico adotado	Volume gasto de amostra nas três repetições/ponto de amostragem
pH, temperatura, STD, salinidade, e CE.	Espectrofotometria de absorção molecular		1,5 L *
Dureza total	Volumetria de complexação		150 mL **
COT	Combustão oxidativa cataliticamente-auxiliada/detecção não dispersiva por infravermelho		105 mL **
Ferro total	Espectrofotometria de absorção molecular		150 mL **
Cloro residual livre	Colorimetria (comparação visual)		± 15 mL **
Cor aparente	Fotocolorimetria		± 30 mL ***

...continuação.

Turbidez	Nefolometria		± 30 mL
<i>E. coli</i>	Método do substrato cromogênico		28 mL

Fonte: Hanna (2016)*; A autora (2016)**; Policontrol (2016)***; Hach (2016)****.

3.3.4 Tratamento estatístico dos dados

Para o tratamento estatístico dos resultados obtidos neste estudo, foram adotadas duas formas para interpretação dos dados: (1) Para as análises microbiológicas, os resultados positivos de cada série de diluição foram anotados e comparados à tabela do número mais provável (NMP) de coliformes em 100 mL (APHA, 2005) e, posteriormente, organizados em uma tabela; (2) Já os resultados dos parâmetros físico-químicos, foram adotados recursos básicos de estatística descritiva e métodos multivariados (correlação de Pearson¹²), utilizando-se os softwares¹³ *Action* e *IBM SPSS Statistic 20*, respectivamente. O nível de significância obtido para a análise estatística dos dados foi de $p < 0,05$ (isto é, trata-se da probabilidade de que a estatística do teste tenha valor extremo em relação ao valor observado, sob a hipótese nula). De acordo com Carvalho et al. (2015), o uso da correlação de Pearson consiste no propósito de identificar o grau de dependência ou independência entre as variáveis físicas, químicas e microbiológica avaliadas nas águas de consumo e, assim, pressupor quais fatores estão influenciando na qualidade da mesma.

¹² Consiste em uma ferramenta da estatística que possibilita a análise simultânea da associação entre variáveis por meio de uma matriz de correlação e o seu respectivo coeficiente. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/en/node/1724>>.

¹³ Por definição, software são os programas que comandam o funcionamento de um computador. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/software/>>.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Quadro higiênico-sanitário das escolas do campo da região de Uberlândia-MG

Observou-se, mediante formulário de caracterização (APÊNDICE A), que as principais fontes pontuais de contaminação dos recursos hídricos no entorno das três escolas do campo são as atividades de agricultura e pecuária (extensas áreas de pastagem). Portanto, a caracterização do entorno das escolas monitoradas foi de fundamental importância, pois possibilitou identificar possíveis atividades antropogênicas que pudessem contaminar os recursos hídricos (água subterrânea) captados para o consumo nessas localidades rurais. As atividades desenvolvidas na região do entorno das escolas e que merecem destaque são: (a) Escola do Campo A (produção de aves – granja, reflorestamento com eucaliptos, grandes volumes de resíduos sólidos, tais como: restos de materiais de construção e lixo doméstico, e plantio de cana de açúcar); (b) Escola do Campo B (indústria de fertilizantes agrícolas, reflorestamento com eucaliptos, grandes volumes de resíduos sólidos, tais como: restos de materiais de construção e lixo doméstico, e plantio de café); e (c) Escola do Campo C (usina de compostagem, reflorestamento com eucaliptos, grandes volumes de resíduos sólidos, tais como: restos de materiais de construção e lixo doméstico, e plantios de milho e banana).

Das três escolas do campo monitoradas neste estudo, todas apresentaram como sistema de captação de água os poços artesianos (na Escola do Campo C foi identificado que a bomba de captação da água do poço está na entrada da escola e a caixa d'água nos fundos da unidade de ensino), sendo, portanto, captadas das águas subterrâneas provenientes dessas localidades rurais, como mostra a Figura 9. Em suma, ambos os sistemas de captação de água de consumo das escolas estão aparentemente em condições de funcionamento, enquanto que a Escola do Campo A apresentou um dos sistemas de captação de água desativado próxima à caixa d'água (Figura 9). Segundo Costa et al. (2012) as águas subterrâneas provenientes de poços artesianos são consideradas como fontes seguras por não ficarem expostas a agentes contaminantes. Entretanto, fatores como presença de fossas sépticas (esgoto doméstico) e esgotos industriais no meio rural, e os fertilizantes utilizados na agricultura são potenciais contaminantes que podem comprometer a qualidade dessas águas, principalmente tornando-as inadequadas para o consumo humano (COSTA et al., 2012). Por essa

razão, Picanço et al. (2002) reforça a importância do poço ser bem construído para se obter de forma segura e econômica a água para consumo e outros fins domésticos. Uma inadequada construção do poço pode provocar a degradação da água captada, como, por exemplo, a colocação de filtros em formações rochosas distintas pode contribuir para o aumento da concentração de ferro e nitrato nessas águas (PICANÇO et al., 2002). Em se tratando da água de consumo das três escolas, apenas o ponto da caixa d'água da Escola do Campo A apresentou teor de ferro acima do permitido pela legislação, o que pode estar relacionado à química do solo ou a processos de oxidação do material constituinte da caixa d'água.

FIGURA 9 - Sistemas de captação da água das escolas do campo monitoradas. **(A)** Bombas dosadoras de cloro e sistema de captação de água desativado próximo à caixa d'água na Escola do Campo A; **(B)** Sistema de captação de água da Escola do Campo B; **(C)** Sistema de captação de água da Escola do Campo C.



Fonte: A autora (2016).

Observou-se também por meio da investigação que todos os poços artesianos das escolas não apresentaram sistema físico de tratamento e sim, o sistema químico baseado na cloração da água captada (uso da bomba dosadora de cloro). Nenhuma das três escolas tinha o sistema químico baseado na fluoretação (bomba dosadora de flúor). O manuseio e a manutenção dos equipamentos dosadores de cloro dos três poços artesianos são de inteira responsabilidade da companhia de saneamento municipal de Uberlândia (Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE).

A cloração de águas subterrâneas utilizadas para fins higiênicos, quando apresenta altos teores de matéria orgânica, não é recomendada, pois favorece a formação de trihalometanos (substâncias cancerígenas) (SANCHES et al., 2003).

Portanto, a análise química periódica dessas águas no meio rural é fundamental para se evitar a formação desses subprodutos tóxicos.

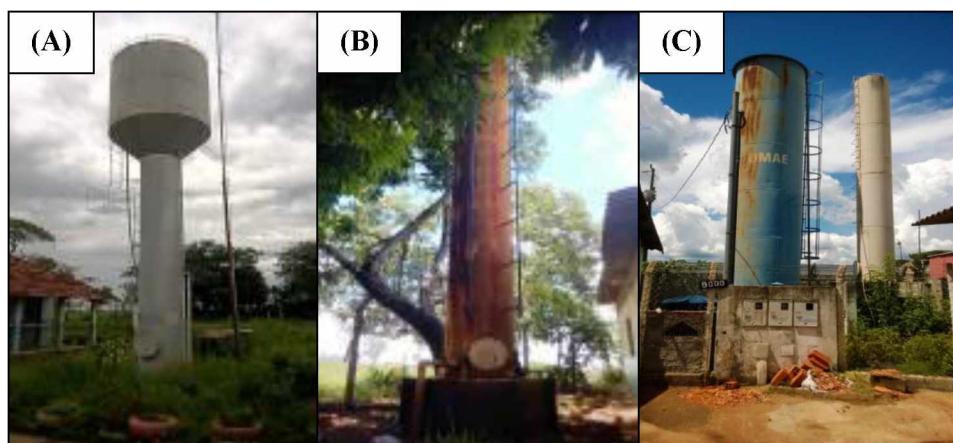
Com relação ao material constituinte dos reservatórios de água das escolas monitoradas, todos são constituídos de material metálico, sendo a base de sustentação recoberta por concreto. Na Escola do Campo A, o reservatório está funcionando adequadamente, no entanto existem alguns pontos de corrosão em sua estrutura que justificam possivelmente o alto teor de ferro encontrado neste ponto de amostragem. O entorno do reservatório é limpo, inclusive, com o plantio de algumas flores em pneus. No entanto, o mato ao redor está alto o que pode favorecer o aparecimento de animais peçonhentos. Já na Escola do Campo B, o reservatório está bastante comprometido com o processo de corrosão da estrutura metálica que o compõe (embora os teores de ferro nos pontos torneira da cozinha, bebedouro, filtro e caixa d'água tenham ficado abaixo do valor máximo permitido pela legislação), sem contar com a presença de lixo descartado próximo ao reservatório (resíduos sólidos de construção). Por fim, a Escola do Campo C apresenta um reservatório cercado por uma grade de proteção e também com alguns pontos de sua estrutura metálica em processo de corrosão. A saída de água de todos os três reservatórios, por meio da encanação em material PVC de cor marrom, até a sua distribuição em todas as escolas (bebedouros, torneiras da cozinha e banheiros) estão abaixo da estrutura dos reservatórios (rente ao solo). Já a encanação instalada na saída dos três reservatórios para distribuir a água está localizada na base destes reservatórios, o que facilita o escoamento natural da água. Segundo relatos de Figueiredo (2007), encanamentos hidráulicos fabricados em PVC são largamente empregados em escolas por serem de fácil instalação, leveza, resistência à pressão, melhor durabilidade, bom desempenho, baixo custo e, principalmente, não corói.

O entorno dos reservatórios também apresenta mato alto, o que pode atrair a presença de animais indesejáveis. As condições físicas desses reservatórios estão representadas na Figura 10. Um ponto em comum identificado em todas as escolas é que ambos os funcionários relataram que há muitos anos (tempo indefinido) não é feita a limpeza periódica dos reservatórios (atividade que pode ser de responsabilidade dos funcionários da escola ou do DMAE que realiza visitas periódicas nas unidades de ensino para a dosagem do cloro), o que torna mais preocupante e necessário conhecer a qualidade dessas águas ofertadas para o consumo das comunidades escolares.

Segundo Casali (2008), o uso de reservatórios constituídos de material metálico é muito comum no meio rural pela sua capacidade de armazenamento e custo reduzido.

No entanto, inclina-se quanto a uma problemática associada a esse material: caso a água armazenada tenha caráter ácido poderá solubilizar metais que estão presentes no revestimento interno dessas caixas d'água, como ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio (CASALI, 2008). Apenas a Escola do Campo B apresentou valores de pH ácido (pontos bebedouro e filtro), o que pode favorecer a solubilização dos metais citados por Casali (2008). As escolas A e C apresentaram água de consumo com pH na faixa da neutralidade ($\text{pH} \pm 7,0$).

FIGURA 10 - Sistemas de armazenamento de água das escolas do campo. **(A)** Reservatório da Escola do Campo A; **(B)** Reservatório da Escola do Campo B; **(C)** Reservatório da Escola do Campo C.



Fonte: A autora (2016).

No meio rural não existe o sistema de captação e tratamento de esgotos domésticos e, portanto, a população recorre ao uso de sistemas alternativos para o destino, mesmo que incorreto, do esgoto gerado (CASALI, 2008). Nas escolas monitoradas neste estudo, todas relataram apresentar como sistema de destinação do esgoto doméstico a fossa séptica. No entanto, apenas na Escola do Campo B foi possível identificar e registrar por meio de fotografia (Figura 11) a localização da fossa séptica (inclusive, a fossa séptica está localizada próxima à quadra esportiva dos alunos, enquanto que o poço artesiano está nos fundos da escola). Já a Escola do Campo C apresenta três fossas sépticas próximas à quadra de esportes dos alunos, segundo relatos dos funcionários. Além disso, quanto ao lixo produzido pelas escolas, todas apresentaram coleta seletiva dos resíduos sólidos, como mostra a Figura 11.

FIGURA 11 - (A) Destinação dos resíduos sólidos da Escola do Campo A; **(B)** Destinação dos resíduos sólidos e sistemas de coleta do esgoto sanitário da Escola do Campo B; **(C)** Destinação dos resíduos sólidos da Escola do Campo C.



Fonte: A autora (2016).

Portanto, com base nas condições higiênicas sanitárias identificadas (poços artesianos, disposição dos resíduos sólidos e sistema de coleta do esgoto sanitário – fossa séptica) e da presença de fontes pontuais de contaminação dos mananciais subterrâneos próximas das escolas (áreas de pastagem e cultivo intensivo com uso de fertilizantes e agrotóxicos), é importante ressaltar a necessidade de limpeza e manutenção periódica dos reservatórios de água, pois conforme apontamentos de Silva et al. (2015), são medidas preventivas e corretivas (tratamento da água, limpezas periódicas e manutenção dos reservatórios, filtros e bebedouros) que são responsáveis por garantir a condição de potabilidade da água para fins de consumo humano.

4.2 Análise descritiva da qualidade da água subterrânea utilizada para consumo humano nas escolas do campo da região de Uberlândia-MG

4.2.1 Qualidade física

A Tabela 4 apresenta a estatística descritiva (média, desvio-padrão e variância) dos parâmetros físicos avaliados nas amostras de água de consumo das escolas do campo monitoradas. A análise descritiva das variáveis físicas permitiu identificar diferenças significativas entre os pontos de amostragem de cada escola nos dois períodos de coleta adotados (estações chuvosa e seca).

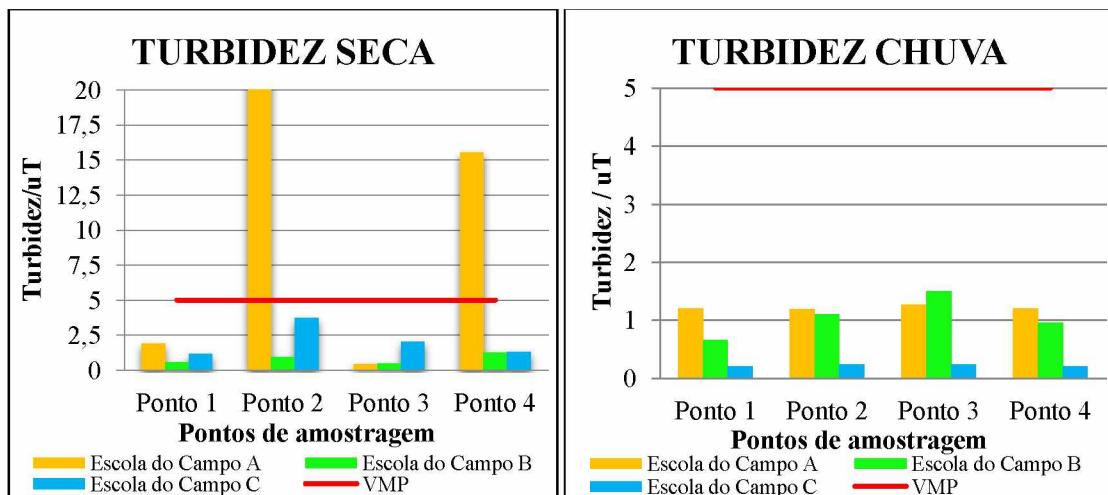
Os valores médios de **turbidez** obtidos nas amostras de água das escolas variaram entre 0,60 a 50,01 uT. Portanto, em alguns pontos de amostragem (caixa

d'água e bebedouro principal da Escola do Campo A) a turbidez estava acima do valor máximo permitido (VMP) pela legislação vigente (Portaria n. 2914 de 2011). Segundo Daneluz e Tessaro (2015), para se garantir a qualidade microbiológica da água de consumo é necessário monitorar a turbidez, pois teores elevados desse parâmetro favorece a proliferação de patógenos que causam malefícios à saúde humana. Ademais, Campos et al. (2003) reforça que turbidez elevada compromete a eficiência do processo de cloração da água, pela proteção física que gera aos microrganismos evitando o contato direto com os desinfetantes, assim como favorece o transporte de matérias orgânicas que causam sabor e odor indesejáveis. Segundo Casali (2008), turbidez elevada em poços artesianos pode estar associada ao escoamento superficial de sólidos em suspensão, más condições do revestimento interno da parede do poço, ou ausência de limpeza e manutenção periódica. A Figura 12 mostra os valores médios de turbidez obtidos nas amostras água de cada escola nos períodos de seca e chuva do ano de 2016. Os Pontos 1, 2, 3 e 4 correspondem à torneira da cozinha, bebedouro dos alunos, filtro dos professores e caixa d'água, respectivamente.

Como é possível observar na Figura 12, a turbidez no período de seca na Escola do Campo A foi alta nos pontos 2 e 4 (bebedouro dos alunos e caixa d'água, respectivamente), sendo que no bebedouro dos alunos a turbidez foi mais alta. Essa situação possivelmente está associada à sedimentação de partículas que estavam presentes na água da caixa d'água na tubulação do bebedouro, já que o aumento da turbidez provoca o acúmulo de flocos pesados que, por sua vez, decantam rapidamente na tubulação, em função do movimento de escoamento da água ao longo da tubulação. Além disso, os valores baixos de turbidez no Ponto 3 (filtro) das escolas A e B são explicados por apresentarem o mecanismo de filtragem da água que, consequentemente, reduz os sólidos em suspensão presentes. Resultados semelhantes (valores de turbidez reduzidos) também foram encontrados por Trindade et al. (2015) em filtros instalados na torneira da cozinha para a preparação dos alimentos dos alunos. Já a água da Escola do Campo C apresentou valor de turbidez no filtro maior do que na caixa d'água. Provavelmente o refil do filtro já esteja em más condições de uso (número elevado de sólidos em suspensão retidos na parede do refil), o que compromete o processo de filtração da água. Observou-se também mudanças significativas na turbidez da água em função da sazonalidade (turbidez alta no período seco e turbidez baixa no período chuvoso). De acordo com Araújo et al. (2013 b), a qualidade da água de poço artesiano

é afetada pelo ciclo hidrológico, características do solo e também pelas fossas sépticas instaladas.

FIGURA 12 - Valores médios de turbidez da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.



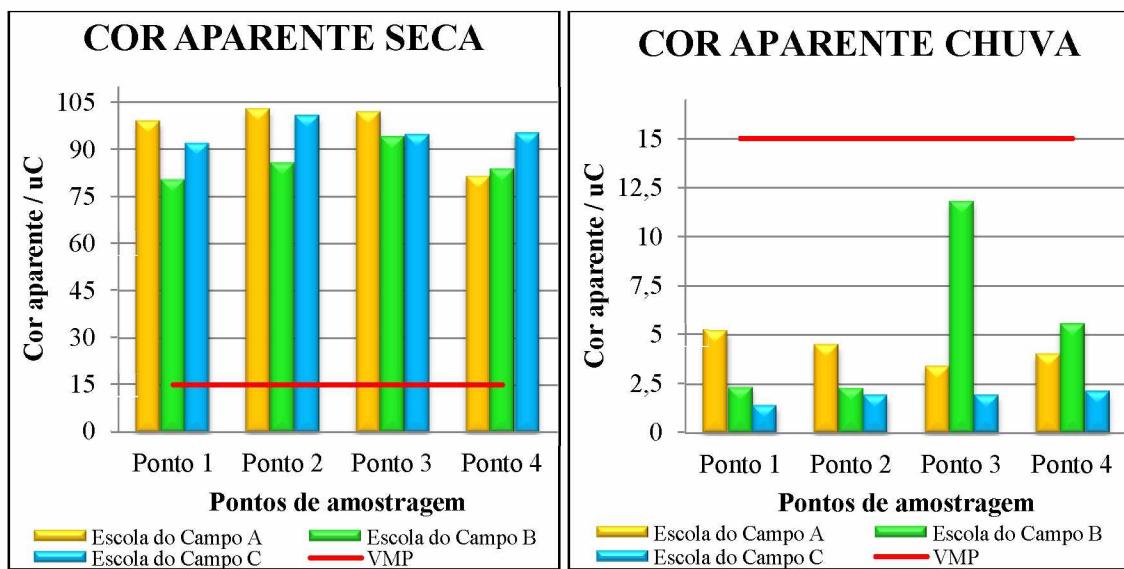
Fonte: A autora (2016).

Os valores médios de **cor aparente** ficaram entre 81,33 a 102,67 uC em todas as três escolas do campo no período de seca, estando acima do valor máximo permitido pela legislação (15 uC), enquanto que no período de chuva houve um decréscimo significativo nos valores de cor aparente das três escolas. Os resultados sugerem que possivelmente houve um processo de decantação das substâncias dissolvidas nas tubulações de PVC. Segundo Scuracchio (2010), valores elevados de cor aparente significa a presença de substâncias dissolvidas, mas também envolve a matéria orgânica suspensa. Tais substâncias, de acordo com Paludo (2010), podem funcionar como nutriente para o desenvolvimento de microrganismos. Portanto, turbidez e cor aparente são variáveis organolépticas da água que levam a aceitação ou rejeição pela população.

No entanto, no período de chuva, os valores médios de cor aparente se mantiveram dentro padrão preconizado pela legislação (entre 1,40 a 11,80 uC) em todas as escolas (Tabela 4 e Figura 13). No entanto, os Pontos 3 (filtro dos professores) e 4 (caixa d'água) da Escola do Campo B apresentaram valores de cor aparente maiores se comparado as outras escolas. Ademais, o filtro dessa mesma escola apresentou cor aparente maior do que a da caixa d'água, o que pode ser explicado pela falta de manutenção do filtro (troca periódica do refil, o qual é responsável por retirar partículas e sólidos da água). Segundo Scuracchio (2010), para se evitar a alteração da qualidade

da água é preciso manter condições adequadas dos filtros e reservatórios utilizados para o abastecimento de água em escolas. Em contrapartida, os baixos valores de cor aparente nos Pontos 1 (torneira da cozinha) e 2 (bebedouro dos alunos) da mesma escola podem ser explicados possivelmente pela forte pressão em que a água passa pelas tubulações (canos de PVC) e que podem estar reduzindo as substâncias dissolvidas.

FIGURA 13 - Valores médios de cor aparente da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.



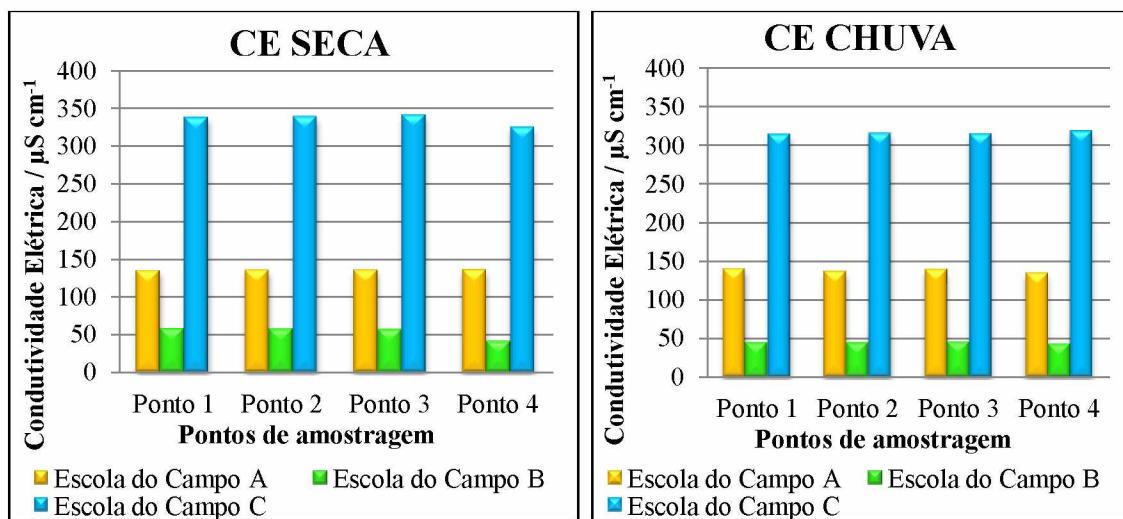
Fonte: A autora (2016).

Com relação a variável física **condutividade elétrica (CE)**, esta apresentou valores médios que variaram entre $133,67$ a $341,33 \mu\text{S cm}^{-1}$, nas escolas do campo A e C. Em contrapartida, na Escola do Campo B, os valores médios de condutividade variaram entre $40,70$ e $57 \mu\text{S cm}^{-1}$. A Figura 14 mostra a variação dos valores de condutividade elétrica nas três escolas do campo nos períodos de seca e chuva.

De acordo com Capp et al. (2012), a condutividade elétrica expressa a capacidade da água conduzir corrente elétrica em função da presença de sais dissolvidos e ionizados, que podem estar relacionados com as concentrações de íons cloretos (Cl^{-1}), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), assim como outros íons dissolvidos na água. No entanto, ainda segundo os autores, os valores de pH e CE não sofrem alterações em função da sazonalidade como foi possível observar na Figura 14 para as três escolas avaliadas. Na Escola do Campo C foram encontrados valores relativamente altos de dureza total, o que explica a elevada condutividade elétrica da água dessa escola.

Lauthartte et al. (2016) afirma que variações significativas de CE podem estar associadas à temperatura e pH da água dos poços artesianos. Dentre as três escolas avaliadas, a Escola do Campo C apresentou valores de CE altos e semelhantes nos dois períodos avaliados, se comparado as Escolas do Campo A e B. Provavelmente estes altos valores podem estar associados às características físicas da caixa d'água do poço artesiano, uma vez que apresenta alguns pontos de corrosão na sua estrutura metálica. Verificou-se, também, uma estreita relação entre o pH da água de consumo das escolas com a condutividade elétrica, uma vez que os valores de pH identificados abaixo de 7,0 apresentaram valores de CE abaixo de $138,00 \mu\text{S cm}^{-1}$. Em contrapartida, os valores de pH das águas acima de 9,0 apresentaram também valores de CE acima de $300,00 \mu\text{S cm}^{-1}$. De acordo com relatos de Casali (2008), estes valores elevados de condutividade e pH da Escola do Campo C possivelmente está relacionado com um maior teor de sais dissolvidos na água, assim como do sistema de captação e armazenamento adotado. Já a Escola da Campo B apresentou os valores mais baixos de CE em relação as escolas A e C possivelmente pelo pH neutro e temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$) que impossibilita o processo de corrosão do material constituinte do reservatório, além do baixo teor de dureza total encontrado na água.

FIGURA 14 - Valores médios de CE da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

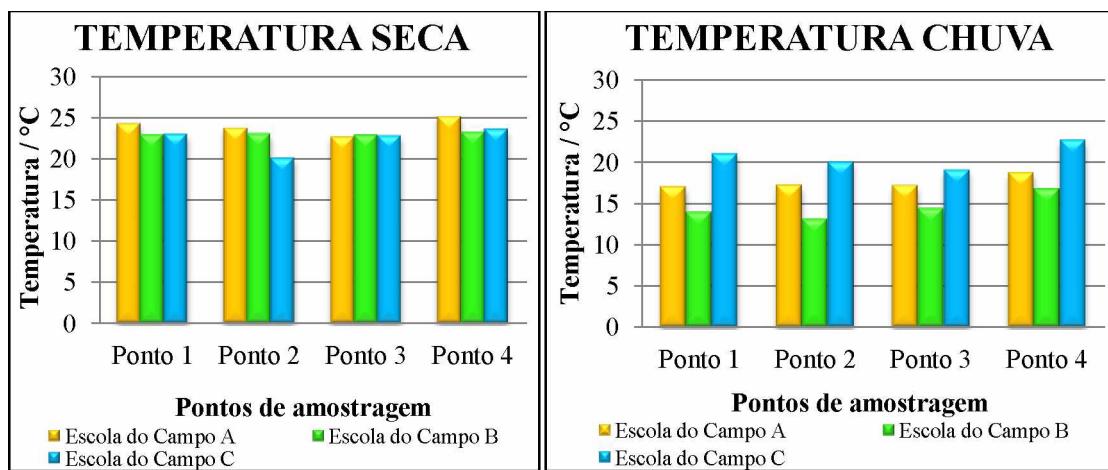


Fonte: A autora (2016).

Com relação à **temperatura** das águas de consumo, foram encontrados valores médios que variavam entre 13 a 25°C , nos dois períodos avaliados (estaçao seca e

chuvosa). A temperatura, segundo Moreira e Condé (2015), é um dos padrões que regulam a qualidade da água de consumo e quando apresenta valores altos pode ser considerada como poluição térmica. Os valores médios de temperatura nas duas estações monitoradas estão representados graficamente na Figura 15.

FIGURA 15 - Valores médios de temperatura da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.



Fonte: A autora (2016).

A fim de interpretar se houve ou não mudanças significativas nos valores das variáveis físicas em função da sazonalidade, foi elaborada a Tabela 4 com a estatística descritiva dos dados de qualidade da água das três escolas do campo. A variância e o desvio-padrão são importantes medidas estatísticas que mostram a dispersão dos dados obtidos. Na Escola do Campo A, são observadas variâncias acima de 4.000 para os parâmetros turbidez (bebedouro principal) e cor aparente (torneira da cozinha, bebedouro principal, filtro dos alunos e caixa d'água). Possivelmente, fatores como: (a) Diferentes operadores, pois existiam vários alunos (de iniciação científica e de pós-graduação) envolvidos neste trabalho coletando as amostras de água; (b) Falhas no procedimento de coleta; e (c) Tempo de análises podem ter contribuído para uma variância elevada das variáveis analisadas (erros experimentais). Já as Escolas do Campo B e C, foram observadas variâncias apenas no parâmetro “cor aparente” para todos os pontos de amostragem (torneira da cozinha, bebedouro dos alunos, filtro dos professores e caixa d'água). A variância é uma medida de dispersão que mostra o quanto distante os dados analíticos estão da média. Conforme relatado acima, é possível inferir

que a sazonalidade (mudança de estação) favoreceu a mudança significativa dos parâmetros de cor aparente e turbidez nas águas de consumo das escolas.

TABELA 4 - Estatística descritiva das variáveis físicas das águas de consumo das escolas do campo, com base nas médias obtidas das três repetições realizadas em laboratório nas duas coletas.

PARÂMETRO FÍSICO / VMP	ESCOLA DO CAMPO A					ESCOLA DO CAMPO B					ESCOLA DO CAMPO C				
	1 ^a	2 ^a	Média*	DP**	Var***	1 ^a	2 ^a	Média*	DP**	Var***	1 ^a	2 ^a	Média*	DP**	Var***
Turbidez / (5,0 uT)	Torneira da cozinha					Torneira da cozinha					Torneira da cozinha				
	1,90	1,20	1,55	0,49	0,245	0,54	0,66	0,60	0,08	0,007	1,13	0,20	0,66	0,66	0,43
	Bebedouro principal					Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos				
	98,83	1,19	50,01	69,04	4766,78	0,90	1,10	1,00	0,14	0,02	3,70	0,24	1,97	2,45	5,98
	Bebedouro – filtro dos alunos					Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores				
Cor aparente / (15,0 uC)	0,43	1,27	0,85	0,59	0,35	0,47	1,50	0,98	0,73	0,53	2,00	0,24	1,12	1,24	1,55
	Caixa d'água					Caixa d'água					Caixa d'água				
	15,50	1,20	8,35	10,11	102,24	1,23	0,95	1,09	0,20	0,04	1,27	0,21	0,74	0,75	0,56
	Torneira da cozinha					Torneira da cozinha					Torneira da cozinha				
	98,83	5,17	52,00	66,23	4386,10	80,10	2,33	41,21	55,00	3024,09	91,83	1,40	46,61	63,94	4088,79
Condutovidade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Bebedouro principal					Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos				
	102,67	4,47	53,57	69,44	4821,62	85,43	2,30	43,87	58,78	3455,30	100,60	1,90	51,25	69,79	4870,84
	Bebedouro – filtro dos alunos					Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores				
	101,67	3,37	52,52	69,51	4831,44	93,70	11,80	52,75	57,91	3353,80	94,63	1,90	48,26	65,57	4299,43
	Caixa d'água					Caixa d'água					Caixa d'água				
Temperatura (°C)					Torneira da cozinha					Torneira da cozinha					

...continuação.

24,23	16,93	20,58	5,16	26,64	22,84	13,85	18,34	6,36	40,41	22,95	21,01	21,98	1,37	1,88
Bebedouro principal														
23,67	17,13	20,40	4,62	21,38	22,97	13,03	18,00	7,03	49,40	20,04	19,99	20,01	0,03	0,001
Bebedouro – filtro dos alunos														
22,63	17,08	19,85	3,92	15,40	22,83	14,31	18,57	6,02	36,30	22,76	19,03	20,89	2,64	6,96
Caixa d’água														
25,06	18,65	21,85	4,53	20,54	23,16	16,64	19,90	4,61	21,25	23,54	22,69	23,11	0,60	0,36

Destaque em negrito: valores acima do permitido pela legislação. ***Média:** média das duas coletas. ****DP:** desvio-padrão. *****Var:** variância.

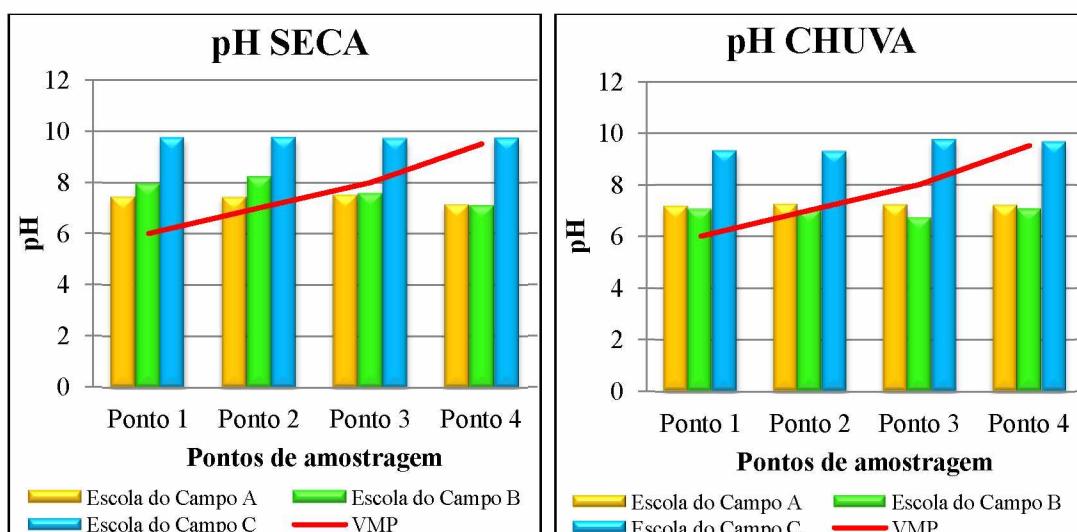
Fonte: A autora (2016).

4.2.2 Qualidade Química

A Tabela 5 apresenta a estatística descritiva (média, desvio-padrão e variância) dos parâmetros químicos avaliados nas amostras de água de consumo das escolas do campo monitoradas. A análise descritiva das variáveis físicas permitiu identificar diferenças significativas entre os pontos de amostragem de cada escola nos dois períodos de coletada adotados (estações chuvosa e seca).

Os valores médios de **pH** das amostras de água das escolas do campo variaram entre 6,0 a 9,72, nos períodos de seca e chuva (Tabela 5), sendo os valores de pH acima do limite permitido na Escola do Campo C (Figura 16). Águas alcalinas, como a dessa escola, se explicam pelo excesso de solubilização de sais, tornando-as imprópria para o consumo em função da elevada dureza, conforme relatos de Scuracchio (2010). Para neutralizar o pH, é preciso instalar um sistema de filtragem nos pontos de distribuição da água na escola para reduzir a concentração de sais solúveis. Ademais, estudos de Casali (2008) em águas de poços artesianos de escolas e propriedades rurais apresentaram valores extremos de pH, o que segundo o autor pode estar associado a composição química das águas, formação geológica que armazena a água, nível de contaminação, e sistema de captação e armazenamento de água adotado. Segundo a Portaria n. 2914 (BRASIL, 2011), o valor do pH da água deve estar entre 6,0 a 9,5.

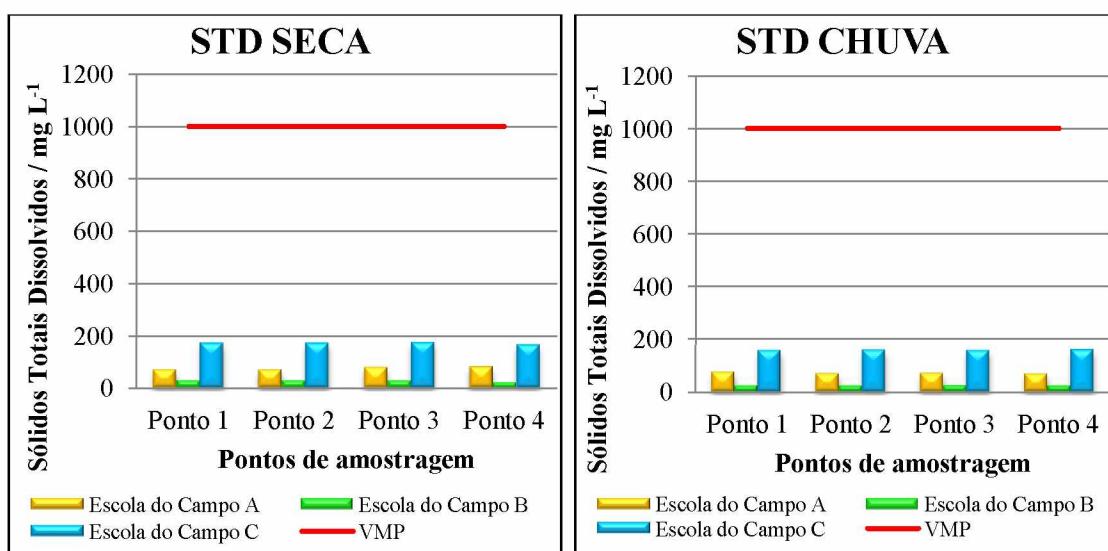
FIGURA 16 - Valores médios de pH da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.



Fonte: A autora (2016).

Quanto aos **sólidos totais dissolvidos**, as águas das três escolas apresentaram valores de STD que variavam entre 20,33 a 169,33 mg L⁻¹, nos períodos de seca e chuva, o que demonstra que todas as amostras estão dentro do padrão estabelecido pela legislação de até 1000 mg L⁻¹ de STD (Figura 17). Os valores mais altos de sólidos totais dissolvidos foram identificados nas amostras de água da Escola do Campo C (além de maiores valores de turbidez, dureza e condutividade elétrica), enquanto que os menores valores foram encontrados na Escola do Campo B. Os altos valores de STD na água da Escola do Campo C estão correlacionados à alta condutividade elétrica, turbidez e dureza dessa água, possivelmente pela dissolução de substâncias constituintes do reservatório ou pela qualidade química do solo. Santos et al. (2014) relataram em seu estudo que quanto maior forem os valores de sólidos totais dissolvidos, maiores serão os valores de turbidez e condutividade elétrica da água.

FIGURA 17 - Valores médios de STD da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

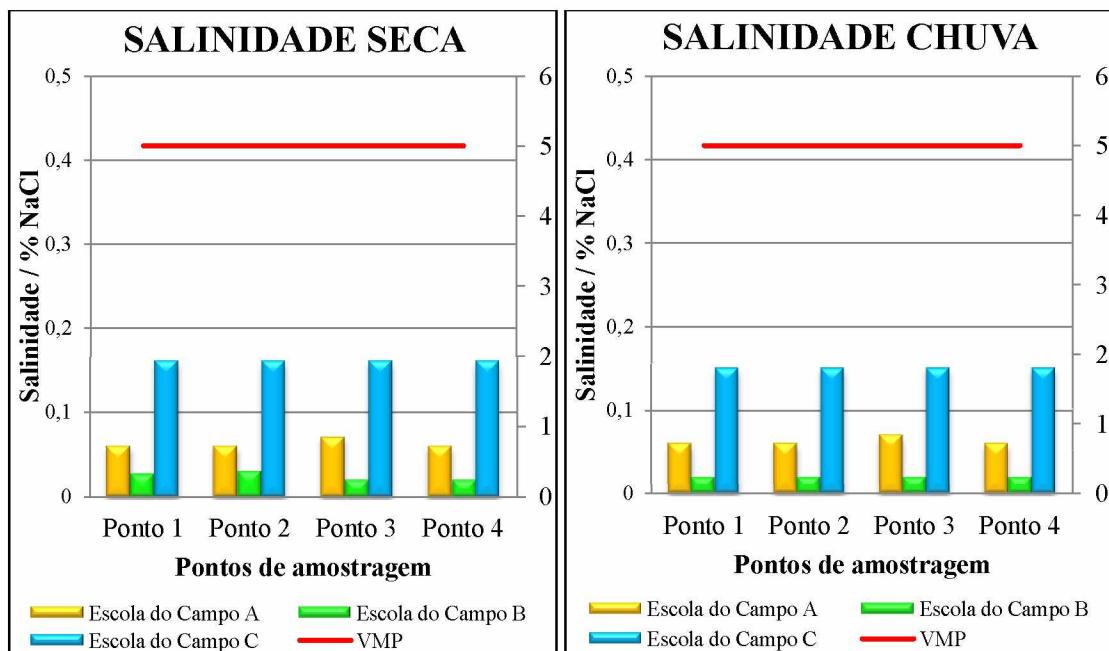


Fonte: A autora (2016).

A **salinidade** da água subterrânea pode ser provocada pela presença de diversos íons como cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, cloreto e sulfato (ABDALLA et al., 2010) e sua alta concentração pode ser provocada por atividades potencialmente poluidoras (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005). Nas amostras de água coletadas nas três escolas do campo de Uberlândia-MG, os valores médios de salinidade se

mantiveram entre 0,02 e 0,16%. De acordo com a Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), quanto às águas doces utilizadas para consumo humano, o valor máximo permitido para esse parâmetro é de 5% (ou 500 mg L^{-1}). Portanto, as águas de consumo ofertadas pelas três escolas do campo estão em conformidade com o padrão da legislação, como mostra a Figura 18. A água da Escola do Campo C tem salinidade maior do que das outras duas escolas possivelmente presença de alguns íons como cálcio, magnésio, sódio, bicarbonato, potássio, cloreto e sulfato, assim como encontrado nos estudos de Abdalla et al. (2010). Ainda segundo os autores, valores significativos de salinidade em períodos de chuva e seca estão associados à solubilização de rochas nas formações geológicas locais em que o poço artesiano da escola está instalado.

FIGURA 18 - Valores médios de salinidade da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

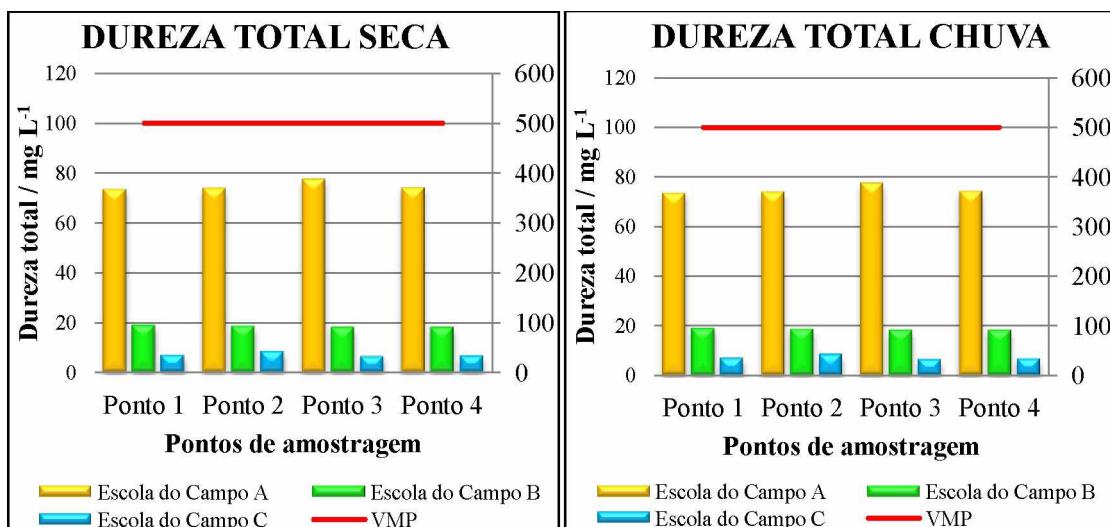


Fonte: A autora (2016).

Quanto ao parâmetro químico **dureza total**, as águas das escolas do campo apresentaram valores médios que variaram entre $6,21$ e $360,32 \text{ mg L}^{-1}$, nos dois períodos avaliados (seca e chuva). Embora a água de consumo da Escola do Campo A, tenha apresentado valores extremos de dureza, ainda assim está adequado ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria n. 2914 (BRASIL, 2011) de até 500 mg L^{-1} de dureza em águas de consumo humano (Figura 19). A dureza em águas, segundo Barcellos et al. (2006), representa a concentração total de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} . O consumo

de água com dureza elevada, de acordo com o autor, pode provocar incrustações nas tubulações do poço artesiano que distribuem a água, reduzindo a formação de espuma e dificultando a remoção de sujeira e gordura. A água de consumo da Escola do Campo A apresentou maiores valores de dureza total e menores valores de CE e salinidade do que as outras duas escolas. Isso possivelmente ocorreu pela reação de decomposição dos bicarbonatos pela ação do calor, expressa em bicarbonato de cálcio, que foram precipitados na forma de gás carbônico e carbonatos insolúveis, reduzindo, assim a condutividade elétrica. Ademais, a dureza total das três escolas não sofreu alterações em função da sazonalidade.

FIGURA 19 - Valores médios de dureza total da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.



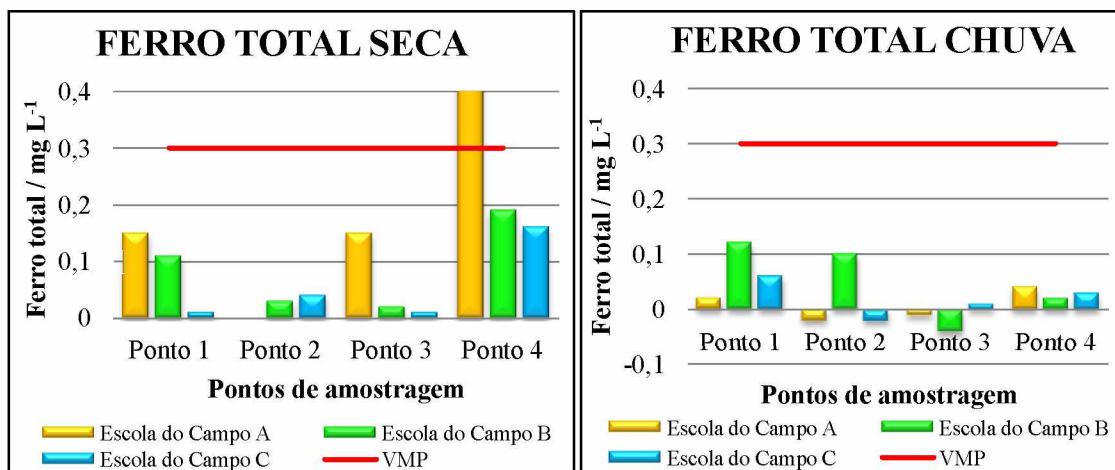
Fonte: A autora (2016).

A presença de **ferro** em águas de abastecimento ocorre em função do processo de dissolução desse elemento em tubulações utilizadas na rede de distribuição. Já em águas subterrâneas, captadas por poços artesianos, a presença de ferro ocorre em função das características químicas do próprio solo. Como consequência, altos teores de ferro provocam o aparecimento de cor na água e, por conseguinte, manchas em roupas e utensílios domésticos, além de entupimento de canalizações, e desenvolvimento de ferro-bactérias que se encontram nas redes de distribuição (surgimento de odor fétido) (FREITAS et al., 2002).

Nas amostras de água das três escolas do campo, os valores médios de ferro total ficaram entre -0,04 e 0,69 mg L⁻¹. Segundo a Portaria n. 2914 (BRASIL, 2011), o valor

máximo permitido é de $0,30 \text{ mg L}^{-1}$, o que mostra que o ponto de coleta da caixa d'água da Escola do Campo A está acima do padrão permitido (esta caixa d'água é metálica e com pouquíssimos pontos de corrosão, se comparado as outras duas escolas). No período de chuva, a caixa d'água dessa mesma escola apresentou teor de ferro baixo. O resultado sugere que tal ocorrência pode estar associada a química do solo da região da escola, ou ao processo de dissolução do material constituinte do poço artesiano (Figura 20). Ademais, essa grande quantidade de ferro liberada pode estar associada às condições favoráveis da água (pH ácido e/ou meio redutor), conforme relatos de Picanço et al. (2002). Os Pontos 1 (torneira da cozinha) e 2 (bebedouro dos alunos) da mesma escola estão baixos em relação a caixa d'água possivelmente pela precipitação do ferro na presença de agentes oxidantes. Já os valores negativos de ferro na água de consumo coletada nos Pontos 2 (bebedouro) e 3 (filtro) das três escolas no período de chuva podem estar relacionados ao limite de detecção do espectrofotômetro utilizado, levando a concluir que não existe ferro total nesses pontos no período de chuva.

FIGURA 20 - Valores médios de ferro total da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

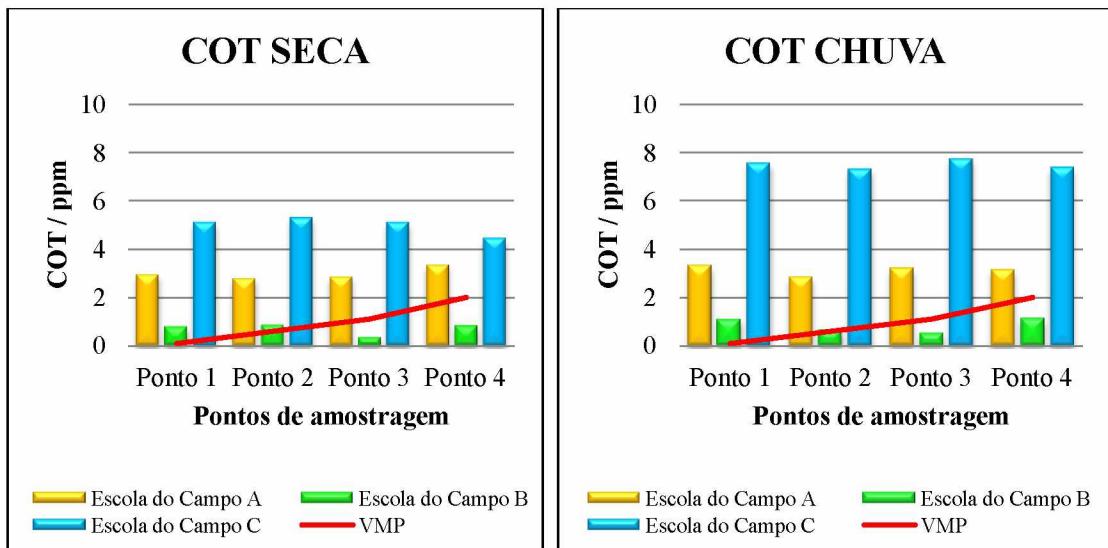


Fonte: A autora (2016).

Em estudos realizados por Lima (2014), foi discutido que **carbono orgânico total (COT)** presente em água de consumo está diretamente relacionado à presença de matéria orgânica. Assim sendo, uma das maiores preocupações quanto à etapa de cloração da água é a formação de subprodutos tóxicos (substâncias orgânicas halogenadas), devido à presença de matéria orgânica na água. Nas águas das escolas do

campo monitoradas neste trabalho foram identificados valores de COT que variavam entre 0,522 e 5,276 ppm (Figura 21). Na Portaria n. 2914 do Ministério da Saúde não há menção ao valor máximo permitido para esse parâmetro químico da água, entretanto, Cohn et al. (1999) atribui para águas subterrâneas um índice de COT que varia entre 0,1 e 2,0 mg L⁻¹. Nesse sentido, como mostra a Figura 21, as escolas do campo A e C tiveram valores de COT acima do intervalo proposto por Cohn et al. (1999), coincidentemente as escolas em que não foi possível identificar a localização das fossas sépticas. Provavelmente, as fossas sépticas das escolas A e C podem estar próximas do poço artesiano e contribuindo para elevação da carga orgânica da água de consumo proveniente dos efluentes gerados pelas escolas.

FIGURA 21 - Valores médios de COT da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.

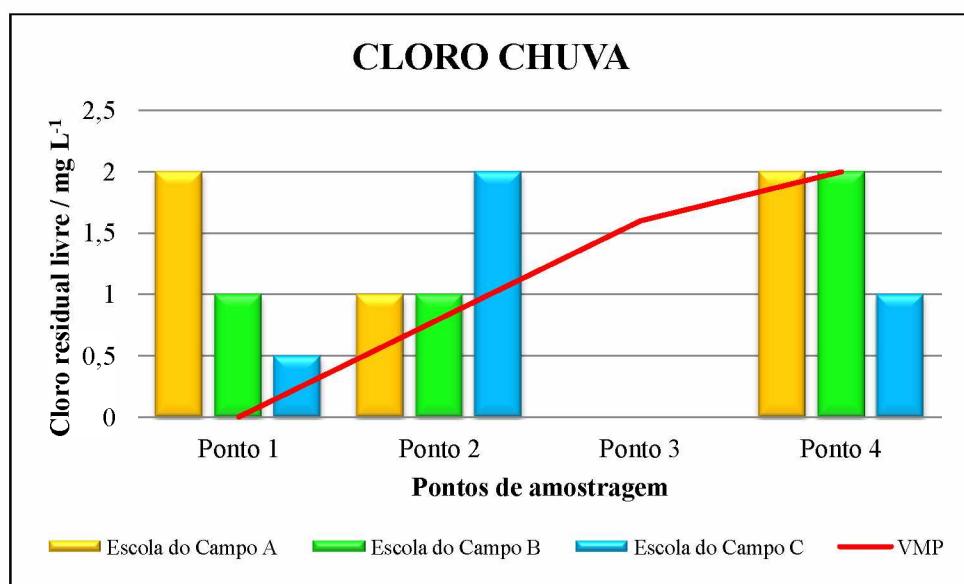


Fonte: A autora (2016).

Quanto aos valores médios de **cloro residual livre** nas águas das escolas do campo, estes se mantiveram entre 0,0 e 2,00 mg L⁻¹, conforme estabelece o padrão exigido pela legislação (até 2,00 mg L⁻¹). Conforme relatado no parágrafo anterior, o excesso de cloro residual em água de consumo aliada a alta concentração de matéria orgânica leva a formação de subprodutos como os trihalometanos que são prejudiciais à saúde dos seres humanos. Portanto, Soares et al. (2016) ressaltam que é fundamental o controle do cloro dosado em água de consumo para evitar o consumo excessivo desse produto químico, assim como para evitar a formação de subprodutos tóxicos que causam câncer. A Figura 22 mostra os valores médios obtidos de cloro residual nas

amostras de água, no período de chuva, nas três escolas do campo. Não foi possível realizar a determinação de cloro residual nas águas das três escolas, no período de seca, pela falta do reagente e equipamento de leitura (Kit de cloro e pH para piscinas). É possível observar nos pontos da rede de distribuição das escolas (bebedouro e torneira da cozinha) uma redução do teor de cloro na água. Tais situações podem ser explicadas possivelmente pelas reações que podem ocorrer entre o cloro livre e as substâncias orgânicas e inorgânicas (ácido húmico e fúlvico, por exemplo, ao reagirem com o cloro livre geram o clorofórmio) presentes na água ou pelo material e tempo de uso das tubulações.

FIGURA 22 - Valores médios de cloro residual da água de consumo (períodos de seca e chuva) nos quatro pontos de amostragem das três escolas do campo monitoradas.



Fonte: A autora (2016).

Com base na estatística descritiva das variáveis químicas apresentada na Tabela 5 é possível verificar diferenças significativas nos desvios-padrão e variâncias (medidas de dispersão dos resultados com relação à média) dos seguintes parâmetros: (a) STD (Escola do Campo C para os pontos – torneira da cozinha, bebedouro e filtro) e; (b) dureza total (escolas A, B e C em todos os pontos, torneira da cozinha, bebedouro, filtro e caixa d’água). Tais variações podem estar associadas à sazonalidade, características do solo e condições físicas dos reservatórios. No entanto, as medidas que apresentaram confiabilidade foram os parâmetros salinidade (todas as escolas para todos os pontos – torneira da cozinha, bebedouro, filtro e caixa d’água) e ferro total (todas as escolas para

todos os pontos – torneira da cozinha, bebedouro, filtro e caixa d’água), com desvios-padrão e variâncias próximas à zero. Possivelmente, fatores como: (a) Diferentes operadores, pois existiam vários alunos (de iniciação científica e de pós-graduação) envolvidos neste trabalho coletando as amostras de água; (b) Falhas no procedimento de coleta; e (c) Tempo de análises podem ter contribuído para uma variância elevada das variáveis analisadas (erros experimentais).

TABELA 5 - Estatística descritiva dos parâmetros químicos da água de consumo das escolas do campo, com base nas médias obtidas das três repetições realizadas em laboratório nas duas coletas.

PARÂMETRO QUÍMICO / VMP	ESCOLA DO CAMPO A					ESCOLA DO CAMPO B					ESCOLA DO CAMPO C				
	1 ^a	2 ^a	Média	DP	Var	1 ^a	2 ^a	Média	DP	Var	1 ^a	2 ^a	Média	DP	Var
pH / (6,0 a 9,5)	Torneira da cozinha					Torneira da cozinha					Torneira da cozinha				
	7,42	7,12	7,27	0,21	0,04	7,92	7,03	7,47	0,63	0,40	9,72	9,29	9,50	0,30	0,09
	Bebedouro principal					Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos				
	7,41	7,20	7,30	0,15	0,02	8,19	6,97	7,58	0,86	0,74	9,74	9,26	9,50	0,34	0,11
	Bebedouro – filtro dos alunos					Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores				
Sólidos totais dissolvidos / (1000 mg L ⁻¹)	7,49	7,18	7,33	0,22	0,05	7,54	6,70	7,12	0,59	0,35	9,69	9,72	9,70	0,02	0,0004
	Caixa d'água					Caixa d'água					Caixa d'água				
	7,12	7,15	7,13	0,02	0,00045	7,07	7,04	7,05	0,021	0,0004	9,70	9,64	9,67	0,04	0,002
	Torneira da cozinha					Torneira da cozinha					Torneira da cozinha				
	67,00	74,00	70,50	4,95	24,5	28,00	22,00	25,00	4,24	18,00	168,67	156,30	162,48	8,75	76,51
Salinidade / (0,5% NaCl)	Bebedouro principal					Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos				
	67,00	68,00	67,5	0,71	0,50	28,00	22,00	25,00	4,24	18,00	169,33	157,67	163,50	8,24	67,98
	Bebedouro – filtro dos alunos					Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores				
	76,33	69,00	72,66	5,18	26,86	28,00	22,67	25,33	3,77	14,20	171,00	157,00	164,00	9,90	98,00
	Caixa d'água					Caixa d'água					Caixa d'água				
Dureza total	68,00	67,00	67,5	0,71	0,50	20,33	22,00	21,16	1,18	1,39	162,67	159,30	160,98	2,38	5,68
	Torneira da cozinha					Torneira da cozinha					Torneira da cozinha				
	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,027	0,020	0,023	0,005	0,000024	0,16	0,15	0,15	0,007	0,00005
	Bebedouro principal					Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos				
	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,03	0,02	0,025	0,007	0,00005	0,16	0,15	0,15	0,007	0,00005
Dureza total	Bebedouro – filtro dos alunos					Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores				
	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,16	0,15	0,15	0,007	0,00005
	Caixa d'água					Caixa d'água					Caixa d'água				
	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,16	0,15	0,15	0,007	0,00005
	Torneira da cozinha					Torneira da cozinha					Torneira da cozinha				

...continuação.

...continuação.	/ (500 mg L ⁻¹)	316,92	73,20	195,07	172,36	29707,03	103,20	18,65	60,92	59,78	3574,35	28,15	6,67	17,41	15,19	230,69	
					Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos			
		313,62	73,67	193,64	169,67	28788,00	114,17	18,42	66,29	67,70	4584,03	12,51	8,29	10,40	2,98	8,90	
					Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores			
		360,32	77,35	218,83	200,09	40036,01	118,86	17,95	68,40	71,35	5091,41	22,68	6,21	14,44	11,65	135,63	
					Caixa d'água				Caixa d'água					Caixa d'água			
		340,31	73,90	207,10	188,38	35487,14	100,09	17,96	59,02	58,07	3372,67	21,89	6,45	14,17	10,92	119,20	
					Torneira da cozinha				Torneira da cozinha					Torneira da cozinha			
		0,15	0,02	0,085	0,09		0,01	0,11	0,12	0,11	0,007	0,00005	0,01	0,06	0,03	0,03	0,001
					Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos			
Ferro total / (0,30 mg L ⁻¹)		0,00	-0,02	0,01	0,01	0,0002		0,03	0,10	0,06	0,05	0,002	0,04	-0,02	0,01	0,04	0,001
					Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores			
		0,15	-0,01	0,07	0,11	0,01		0,02	-0,04	-0,01	0,04	0,002	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
					Caixa d'água				Caixa d'água					Caixa d'água			
		0,69	0,04	0,36	0,46		0,21	0,19	0,02	0,10	0,12	0,01	0,16	0,03	0,09	0,09	0,008
					Torneira da cozinha				Torneira da cozinha					Torneira da cozinha			
		2,936	3,307	3,121	0,262		0,069	0,779	1,065	0,922	0,202	0,041	5,084	7,529	6,306	1,729	2,989
					Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos			
Carbono orgânico total / (0,1 a 2,0 ppm)		2,775	2,820	2,797	0,032	0,001		0,836	0,636	0,736	0,141	0,020	5,276	7,284	6,280	1,420	2,016
					Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores			
		2,833	3,185	3,009	0,249	0,062		0,338	0,522	0,430	0,130	0,017	5,085	7,707	6,396	1,854	3,437
					Caixa d'água				Caixa d'água					Caixa d'água			
		3,323	3,117	3,220	0,146	0,021		0,817	1,100	0,958	0,200	0,040	4,432	7,360	5,896	2,070	4,286
					Torneira da cozinha				Torneira da cozinha					Torneira da cozinha			
		2,00	-	-	-	-		1,00	-	-	-	-	0,50	-	-	-	-
					Bebedouro principal				Bebedouro dos alunos					Bebedouro dos alunos			
Cloro residual livre / (2,0 mg L ⁻¹)		1,00	-	-	-	-		1,00	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-
					Bebedouro – filtro dos alunos				Bebedouro – filtro dos professores					Bebedouro – filtro dos professores			
		0,00	-	-	-	-		0,00	-	-	-	-	0,00	-	-	-	-
					Caixa d'água				Caixa d'água					Caixa d'água			
		2,00	-	-	-	-		2,00	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-

Destaque em negrito: valores acima do permitido pela legislação. ***Média:** média das duas coletas. ****DP:** desvio-padrão. *****Var:** variância. -: Análise não realizada. **Fonte:** A autora (2016).

4.2.3 Qualidade microbiológica

Para melhor confiabilidade dos resultados quanto à determinação do coliforme *E. coli* nas águas utilizadas para consumo das três escolas do campo, foram realizadas três análises em períodos distintos do ano de 2016. Adotou-se a realização de três coletas para a análise microbiológica para evitar resultados falsos positivos e, assim, elevar o nível de confiabilidade dos resultados analíticos obtidos.

A presença de *E. coli* foi detectada nas águas das escolas do campo A (torneira da cozinha, bebedouro principal, bebedouro-filtro dos alunos e caixa d'água) e C (torneira da cozinha, bebedouro dos alunos e bebedouro-filtro dos professores) (Tabela 6), em pelo menos uma das três coletas realizadas. Ambas as contaminações ocorreram em períodos de chuva e temperaturas elevadas do presente ano, o que favorece a proliferação de patógenos (PALUDO, 2010). A Escola do Campo B não apresentou contaminação por *E. coli* em nenhuma das coletas realizadas. As contaminações nas Escolas do Campo A e C revelam que os alunos matriculados nessas escolas, sem contar funcionários e professores, estão consumindo água fora dos padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde (Portaria n. 2914 de 2011). Conforme versa esta portaria, em águas utilizadas para consumo, *E. coli* deve estar ausente em todas as amostras de água analisadas, uma vez que o coliforme citado é um indicador de contaminação fecal e que gera prejuízos à saúde das pessoas.

Associa-se positivamente a contaminação microbiológica da água das escolas A e C com a falta de manutenção e limpeza periódica dos sistemas de captação e armazenamento da água, uma vez que os próprios funcionários relataram que há muito anos não são realizados tais cuidados higiênicos e sanitários com a água captada, armazenada e distribuída nas escolas. Além disso, associa-se a contaminação pela possível proximidade das fossas sépticas aos poços artesianos, uma vez que foram identificados altos teores de COT nas águas dessas escolas. De acordo com Burgos et al. (2014), a presença de *E. coli* em água indica contaminação por fezes recente e sua relação com a infecção intestinal, causa diarreia tanto em crianças quanto em adultos.

Portanto, os resultados positivos de *E. coli* nas águas das escolas A e C alertam para o potencial risco desses adultos e crianças que frequentam essas unidades de contrair doenças de veiculação hídrica, uma vez que usufruem dessas fontes em boa parte do dia. Como consequência, a frequência e a qualidade da aprendizagem dos alunos podem ficar comprometidas ao se adquirir doenças pela ingestão de água

contaminada. Assim, ressalta-se a importância da comunidade escolar realizar limpezas periódicas do sistema de armazenamento de água, assim como a manutenção da canalização responsável pela captação e distribuição da água para o consumo diário da comunidade local.

TABELA 6 - Resultados das análises microbiológicas de amostras de água de consumo em três pontos de amostragem de três escolas do campo selecionadas para o estudo, em relação ao número de *Escherichia coli*.

Instituições educacionais	Pontos de amostragem	1ª Coleta (08/03/2016)				2ª Coleta (13/07/2016)				3ª Coleta (26/10/2016)			
		Diluição			NMP*	Diluição			NMP*	Diluição			NMP*
		1:1	1:10	1:100		1:1	1:10	1:100		1:1	1:10	1:100	
ESCOLA DO CAMPO A	Torneira da cozinha	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	23
	Bebedouro principal	3	0	0	23	0	0	0	0	3	0	0	23
	Bebedouro – filtro dos alunos	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	23
	Caixa d’água	-	-	-	-	0	0	0	0	3	0	0	23
ESCOLA DO CAMPO B	Torneira da cozinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bebedouro dos alunos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bebedouro-filtro dos professores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caixa d’água	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
ESCOLA DO CAMPO C	Torneira da cozinha	0	0	0	0	3	0	0	23	2	0	0	9
	Bebedouro dos alunos	0	0	0	0	2	0	0	9	0	0	0	0
	Bebedouro – filtro dos professores	3	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caixa d’água	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0

- Análise não realizada; *NMP/100 mL: Número Mais Provável de coliformes em 100 mL de amostra analisada. **Fonte:** A autora (2016).

4.3 Análise multivariada das variáveis físicas, químicas e microbiológica

Avaliando os resultados analíticos obtidos nas amostras de água das três escolas do campo, por meio das correlações de Pearson (Tabela 7), podem ser observadas fortes correlações positivas entre as seguintes variáveis físico-químicas: CE x Temperatura; CE x STD; Temperatura x STD; Temperatura x Salinidade; Temperatura x COT; pH x CE; pH x COT; pH x salinidade; STD x salinidade; STD x COT; Salinidade x CE; Salinidade x COT; COT x CE. Nenhuma das variáveis correlacionadas tem relação direta com as análises microbiológicas, uma vez que a presença de *E. coli* em água é determinada pela alta turbidez e baixo teor de cloro residual livre. Possivelmente os resultados positivos de *E. coli* encontrados em algumas amostras de água podem estar associados erros de procedimento de coleta. Segundo estudos de Capp et al. (2012), as correlações encontradas entre as variáveis estão diretamente associadas a alguns fatores como a falta de manutenção da estrutura do poço, escoamento superficial, resíduos sólidos descartados inadequadamente, presença de fossas sépticas, e falta de condições higiênico-sanitárias no sistema de captação da água. Além das correlações positivas, também foi observada uma correlação negativa forte entre pH x Dureza total. Segundo Abdalla et al. (2010), valores variados de dureza em águas subterrâneas em períodos de seca e chuva são explicados pelas formações geológicas locais, em função da solubilização das estruturas rochosas. Foi constada também por meio da matriz de correlação de Pearson que as variáveis “turbidez” x “*E. coli*” e “dureza” x “*E. coli*” apresentaram relação não significativa (correlação muito fraca).

TABELA 7 - Correlações de Pearson (r) entre os parâmetros físicos, químicos e microbiológico analisados na água dos poços das três escolas do campo.

Parâmetros correlacionados	Coeficiente de Pearson (r)	p-valor (0,05)	Tipo de correlação
<i>E. coli</i> x Dureza	0,54	0,07	Muito fraca positiva
Turbidez x <i>E. coli</i>	0,34	0,27	Muito fraca positiva
CE x Temperatura	0,71	0,01	Moderada positiva
Temperatura x STD	0,71	0,01	Moderada positiva
Temperatura x Salinidade	0,72	0,01	Moderada positiva
Temperatura x COT	0,75	0,01	Moderada positiva
CE x STD	1,00	0,00	Muito forte positiva
pH x CE	0,94	0,0000065	Muito forte positiva
pH x STD	0,93	0,0000089	Muito forte positiva
pH x salinidade	0,93	0,0000096	Muito forte positiva

...continuação.

pH x COT	0,89	0,0001	Muito forte positiva
STD x Salinidade	1,00	$1,33 \times 10^{-16}$	Muito forte positiva
STD x COT	1,00	$4,4 \times 10^{-10}$	Muito forte positiva
Salinidade x CE	1,00	$2,9 \times 10^{-14}$	Muito forte positiva
Salinidade x COT	1,00	$7,2 \times 10^{-10}$	Muito forte positiva
COT x CE	1,00	$8,4 \times 10^{-10}$	Muito forte positiva
pH x Dureza	-0,71	0,01	Moderada negativa

Fonte: A autora (2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados e discutidos neste capítulo, tanto qualitativos quanto quantitativos, demonstraram que a qualidade da água subterrânea utilizada para consumo humano, das três escolas do campo da região de Uberlândia-MG, está, em alguns parâmetros analisados, fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Portaria n. 2914 de 2011). Para a Escolas do Campo A e C, altos teores dos parâmetros turbidez, cor aparente, CE, pH, dureza, ferro, carbono orgânico total e *E. coli* podem estar associados a problemas físicos do poço artesiano, substâncias químicas características da formação rochosa do solo, assim como a contaminação da água por carga de efluentes (doméstico e animal). Já o alto teor de cor aparente da água da Escola do Campo B pode estar relacionado às substâncias naturais em suspensão provocada pela dissolução de solos argilosos vermelhos em períodos chuvosos.

Ademais, por meio do diagnóstico do quadro higiênico-sanitário dos sistemas de captação, armazenamento e distribuição de água das escolas, foi possível relacionar que o problema de contaminação é consequência da falta de manutenção periódica do sistema de armazenamento de água, e que se comprova com os relatos dos funcionários das escolas, e da presença de fontes pontuais de contaminação dos mananciais subterrâneos no entorno das unidades de ensino (áreas de pastagem e fossa séptica).

Portanto, existe a necessidade de um trabalho de sensibilização de alunos, funcionários e professores que frequentam essas unidades de ensino em localidades rurais quanto à necessidade de se preservar os recursos hídricos para reduzir os impactos ambientais, assim como dos riscos intrínsecos em se consumir uma água não potável. Além disso, existe a necessidade de alertar os órgãos responsáveis (por exemplo, DMAE) quanto à qualidade inadequada da água dessas escolas, para que sejam tomadas medidas corretivas em curto prazo. Para isso, medidas emergentes fundamentais e que devem ser tomadas pelas comunidades escolares e órgãos responsáveis são: (a) A prática periódica da limpeza e manutenção do reservatório de água (a cada seis meses), garantindo, assim, a vida útil do poço artesiano; (b) A correta alocação da fossa séptica (para as escolas A e C, as quais não foram possíveis à identificação do local do sistema coletor de esgoto, e que apresentaram maior teor de carbono orgânico na água de consumo); (c) Distanciar áreas de pastagem e de cultivo das nascentes de forma a evitar contaminações biológicas e químicas, respectivamente

pelo escoamento superficial e; (d) Preservar as matas ciliares e nascentes para garantir a qualidade da água subterrânea captada por poços artesianos nessas Escolas do Campo.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, K. V. P. et al. **Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-MA.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16, 2010. São Luiz - MA, Set. 2010. p. 01-11.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília: ANA, 2007. 124 p.

ALCAIDE, R. L. M; FORTI, M. C. **Manual de procedimentos do analisador de carbono orgânico total TOC-VPCN.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2012. 44p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater.** 21 ed. Washington: APHA, 2005.

ARAÚJO, M. C. de; OLIVEIRA, M. B. M. de. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, v. 08, n. 02, p. 247-257, 2013.

ARAUJO, C. F. et al. Avaliação da qualidade da água de poço. **Rev Inst Adolf Lutz**, v. 72, n. 01, p. 53-80, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Construção de poço para captação de água subterrânea. **NBR 12244.** Rio de Janeiro, 1992. 6p.

_____. Projeto de poço para captação de água subterrânea. **NBR 12212.** Rio de Janeiro, 1992. 5 p.

_____. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. **NBR 9898.** Local, 1987. 22 p.

ASSUNÇÃO, A. W. de A. et al. Características de propriedades rurais como fator de risco à qualidade de água de consumo humano na Microrregião do Córrego Rico, Jaboticabal, SP. **Revista Biociências**, v. 21, n. 02, p. 01-13, 2015.

BALSADI, O. V. Mudanças no meio rural e desafios para o desenvolvimento sustentável. **São Paulo em Perspectiva**, v. 15, n. 01, p. 155-165, 2001.

BARÇANTE, J. M. de P. et al. Ocorrência de doenças veiculadas por água contaminada: um problema sanitário e ambiental. **Ambiente e Educação**, v. 19, n. 02, p. 06-17, 2014.

BARCELLOS, C. M. et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cad. Saúde Pública**, v. 22, n. 09, p. 1967-1978, 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 396 de abril de 2008. *Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas*

subterrâneas e dá outras providências. Publicada no **Diário Oficial da União** nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

_____. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.* Publicada no **Diário Oficial da União**, n. 053, de 18/03/2005, p. 58-63, 2005.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água.** 3.ed. Brasília: FUNASA, 2009. 144 p.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano.** Ministério da Saúde: Brasília, 2006. 284 p.

_____. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. “*Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*”. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 de dez. 2011, 32 p.

_____. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Ministério da Saúde: Brasília, 2014.

_____. Ministério da Saúde. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde.** Ministério da Saúde: Brasília, 2015. 39 p.

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM⁺ / Landsat 7. **Sociedade e Natureza**, v. 17, n. 02, p. 37-46, 2005.

BURGOS, T. das N. et al. Qualidade bacteriológica da água de abastecimento público de Centros Municipais de Educação Infantil (CMEI) das cidades de Londrina, Cambé, Ibirapuã e Rolândia, PR. **Rev. Ciênc. Saúde**, v. 16, n. 01, p. 34-38, 2014.

CAMPOS, J. A. D. B. et al. Qualidade da água armazenada em reservatórios domiciliares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos. **Alim. Nutr.**, v. 14, n. 01, p. 63-67, 2003.

CAPP, N. et al. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). **Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 16, n. 03, p. 77-91, 2012.

CASALI, C. A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul.** 2008. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2008.

COSTA, C. L. et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 33, n. 02, p. 171-180, 2012.

CRESTANI, T. **Modificação na técnica para determinação de dureza total, de cálcio e magnésio em águas minerais**. 2013. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Unisalle, Canoas, 2013.

DANELUZ, D.; TESSARO, D. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Arq. Inst. Biol.**, v. 82, p. 01-05, 2015.

EMBRAPA. RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade da água**: contaminação da água por nitrato. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29 p.

FARIA, T. et al. Qualidade microbiológica da água para consumo em unidades de alimentação escolar. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, n. 01, p. 135-144, 2013.

FERNANDES, L. L.; GOIS, R. V. Avaliação das principais metodologias aplicadas às análises microbiológicas de água para consumo humano voltadas para a detecção de coliformes totais e termotolerantes. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 06, n. 02, p. 49-64, 2015.

FERREIRA, K. C. D. et al. Adaptação do índice de qualidade de água da National Sanitation Foundation ao semiárido brasileiro. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 46, n. 02, p. 277-286, 2015.

FIGUEIREDO, C. R. **Equipamentos hidráulicos e sanitários**. Universidade de Brasília: Brasília, 2007. 92 p.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvidos em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, n. 22, p. 10-16, 2005.

FREITAS, V. P. S. et al. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 61, n. 01, p. 51-58, 2002.

FREITAS, M. B. de et al. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad. Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.

FUENTES, R. et al. **A logistic analysis of diarrhea incidence and access to water and sanitation**. PNUD. 2006. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/en/content/logistic-analysis-diarrhea-incidence-and-access-water-and-sanitation>> Acesso em: 09 de Nov. 2016.

HESPAÑOL, R. A. de M. Campo e Cidade, Rural e Urbano no Brasil contemporâneo. **Mercator**, v. 12, n. 02, p. 103-112, 2013.

IBGE. **Produção pecuária de 2015.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=ecodmun=317020eidtema=159&search=minas-gerais|uberlandia|pecuaria-2015>> Acesso em: 28 de out. 2016.

_____. **Abrangência dos serviços de saneamento.** Atlas de Saneamento 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtml> Acesso em: 29 de out. 2016.

INEP. **Sinopse Estatística da Educação Básica 2015.** Brasília: Inep, 2015. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-senso-escolar-sinopse-sinopse>> Acesso em: 28 de out. 2016.

ITB – INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento, Educação, Trabalho e Turismo.** FGV/IBRE: Rio de Janeiro, 2007. 150 p.

_____. **Uberlândia.** 2008. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/uberlandia>> Acesso em: 21 de Nov. 2016.

_____. **A universalização do saneamento básico no Brasil pode reduzir em 6,8% do atraso escolar.** 2015. Disponível em: <<http://tratabrasil.org.br/a-universalizacao-do-acesso-ao-saneamento-basico-no-brasil-pode-reduzir-ate-6-8-do-atraso-escolar-3>> Acesso em: 04 de Jan. 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LISBOA, F. C. et al. Diagnóstico do uso de ferramentas de gestão por proprietários rurais de Uberlândia – MG. **Revista Verde**, v. 10, n. 02, p. 132-138, 2015.

LIMA, G. M. de. **Desenvolvimento de correlação de formação de ácidos haloacéticos em água contendo substância húmica oxidada com cloro.** 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado), Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, 2014.

LOURENCETTI, M. L. R. et al. de. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Quim. Nova**, v. 30, n. 03, p. 688-694, 2007.

MARQUEZI, M. C. **Comparação de metodologias para a estimativa do número mais provável (NMP) de coliformes em amostras de água.** 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MENEZES, J. P. C. et al. Qualidade da água subterrânea para consumo humano e uso agrícola no sul do estado de Espírito Santo. **REGET**, v. 17, n. 17, p. 3318-3326, 2013.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.**, v. 03, n. 04, p. 33-38, 2002.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cad. Saúde Públ.**, v. 10, n. 01, p. 99-110, 1994.

MOREIRA, D. A.; CONDÉ, N. M. Qualidade das águas de minas no perímetro urbano do município de Ubá-MG. **Multi-Science Journal**, v. 01, n. 01, p. 84-89, 2015.

MOTA, J. J. P.; SOUSA, C. D. S. S.; SILVA, A. C. da. Saneamento básico e seu reflexo nas condições socioambientais da zona rural do Baixo Munim (Maranhão). **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 54, p. 140-160, 2015.

OLIVO, A. de M.; ISHIK, H. M. Brasil frente à escassez de água. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 11, n. 03, p. 41-48, Set/Dez 2014.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesianos do município de Santa Clara do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Univates, Lajeado, Brasil, 2010. 75 p.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S.; SOUZA, E. L. de. **Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12, 2002, São Paulo, Anais na Revista Águas Subterrâneas, 2002. p. 01-17.

RAZOLLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde Soc.**, São Paulo, v. 17, n. 01, p. 21-32, 2008.

RODRIGUES, R. F.; ARAÚJO, G. M. de. Estrutura da vegetação e características edáficas de um cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no Triângulo Mineiro. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 06, p. 2013-2029, Nov/Dez 2013.

SANCHES, S. M. et al. Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento da água. **Química Nova na Escola**, n. 17, p. 08-12, Mai. 2003.

SANTOS, C. A. P. dos et al. Diagnóstico preliminar de parâmetros físico-químicos das águas superficiais e subterrâneas do município de Barreiras – BA antes da ampliação do saneamento básico. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 32, p. 12-23, Jun. 2014.

SANTOS, J. O. dos et al. A qualidade da água para consumo humano: uma discussão necessária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental – RBGA**, Pombal, v. 07, n. 02, p. 19-26, Jan. 2013.

SANTOS, A. B. dos; PETRONZIO, J. A. C. **Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de geoprocessamento**. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba, p. 6185-6192, Abr/Mai 2011.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Araraquara, São Paulo. 57 p.

SILVA, A. V.; GIUNTI, O. D. **Meio ambiente:** percepção ambiental. Muzambinho: IFSuldeMinas, 2014. 71 p.

SOARES, S. S. et al. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **SEMINA: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 37, n. 01, p. 119-130, 2016.

SOUZA, C. A. B. de et al. Qualidade da água consumida em unidades de educação infantil no município de Mossoró-RN. **Revista Ciência Plural**, v. 1, n. 2, p. 57-67, 2015.

SOUZA, J. R. de et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, v. 08, n. 01, p. 26-45, Abr. 2014.

TRINDADE, G. de A. da et al. Avaliação da qualidade da água em três escolas públicas da cidade de Macapá, Amapá. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 05, n. 01, p. 116-112, Mar. 2015.

VIANNA, A. M. Poluição ambiental, um problema de urbanização e crescimento desordenado das cidades. **Revista SUSTINERE**, v. 03, n. 01, p. 22-42, 2015.

CAPÍTULO 3

RESUMO

MEDEIROS, MARAÍNA SOUZA. **Água e Educação Ambiental: estratégias pedagógicas para a conscientização de alunos de escolas do campo de Uberlândia-MG.** 2016. 190p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG¹⁴.

A água é uma substância inorgânica de vital importância para a sobrevivência da flora, da fauna e dos seres humanos. No entanto, devido à poluição e/ou contaminação dos recursos hídricos em função das ações antrópicas este recurso vem se tornando cada vez mais escasso e de má qualidade para a população mundial. Portanto, é nesse contexto dos impactos ambientais decorrentes da ação humana, é que a Educação Ambiental (EA) exerce uma função importante como um processo educativo que visa construir uma cultura ecológica, compreendendo que a relação entre natureza e sociedade são fatores intrinsecamente relacionados e que não podem ser analisados de forma segregada. Ademais, o tema água é um dos assuntos da EA mais difundidos no cotidiano dos cidadãos, como, por exemplo, nas mídias, currículos escolares, livros e, principalmente, como propostas pedagógicas no sentido de promover a sensibilização de alunos quanto à necessidade de se recuperar, preservar, e conservar os recursos hídricos. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo elaborar e executar estratégias pedagógicas, como prática da EA, para conscientizar educandos de três Escolas do Campo de Uberlândia-MG, a partir da temática “água”. Tomou-se por base o diagnóstico prévio das demandas das Escolas do Campo investigadas, adotando-se como ferramentas a aplicação de estratégias pedagógicas fundamentadas na pesquisação de caráter participante e a abordagem educativa conteudista-racionalista (processo educativo de transmissão e assimilação de conhecimentos técnicos científicos sobre o ambiente que objetiva uma relação indivíduo e ambiente de forma adequada). As estratégias pedagógicas foram: (a) Colagem e pintura; (b) Montagem de murais; (c) Jogo de perguntas e respostas; (d) Cartilha e; (e) Vídeos educativos. Ademais, foi elaborada uma cartilha educativa sobre os temas abordados como uma estratégia futura para reforçar os conhecimentos adquiridos ao longo das aulas. As propostas aplicadas pelos educadores ambientais nas três Escolas do Campo exploraram-se a conscientização dos alunos em relação à poluição, contaminação, importância, doenças e o desperdício de água com enfoque no uso desta em atividades cotidianas. As estratégias pedagógicas aqui adotadas para a prática da EA em Escolas do Campo promoveram uma melhor agregação dos conhecimentos científicos adquiridos durante as aulas com os conhecimentos do senso comum que os alunos já possuíam antes da exposição do tema. A análise dos resultados revelou ainda que estratégias pedagógicas motivadoras são potenciais para a conscientização de alunos, desde que os professores mantenham um reforço contínuo sobre a problemática da crise hídrica que assola boa parte do mundo e até mesmo o Brasil, em suas aulas ao longo do ano escolar.

Palavras-chave: Água, Educação Ambiental, Estratégias Pedagógicas, Escola do Campo.

¹⁴ Comitê Orientador: Sheila Cristina Canobre – UFU e Fábio Augusto do Amaral – UFU.

ABSTRACT

MEDEIROS, MARAÍNA SOUZA. **Water and environmental education: pedagogical strategies for awareness of students from schools in the field of Uberlândia-MG.** 2016. 190p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG¹⁵.

Water is an inorganic substance of vital importance for the survival of the flora, fauna and human beings. However, due to pollution and/or contamination of water resources on the basis of human actions this feature has become increasingly scarce and of poor quality to the world population. Therefore, it is in this context of the environmental impacts resulting from human action that Environmental Education (EE) plays an important role as an educational process that aims to build an ecological culture, understanding that the relationship between nature and society are intrinsically related factors and that cannot be analyzed in a segregated way. In addition, the theme of water is one of the subjects of EE more widespread in the daily lives of citizens, such as in the media, school curricula, books and, mainly, as pedagogical proposals in order to promote the awareness of students about the need to Recover, preserve, and conserve water resources. In this sense, the present study aimed to elaborate and execute pedagogical strategies, such as EA practice, to raise awareness among students from three Rural Schools in Uberlândia-MG, based on the theme "water". It was based on the previous diagnosis of the demands of the rural schools investigated, adopting as tools the application of pedagogical strategies based on the action research of the participant character and the educational content-rationalist approach (educational process of transmission and assimilation of scientific expertise on the environment aimed at an individual relationship and environment adequately). Pedagogical strategies were: (a) Collage and painting; (b) Mounting of murals; (c) Game of questions and answers; (d) Booklet e; (e) Educational videos. In addition, an educational booklet was prepared on the topics addressed as a future strategy to reinforce the knowledge acquired in the classroom. The proposals applied by the environmental educators in the three Rural Schools explored the students' awareness of pollution, contamination, importance, diseases and water waste, focusing on their use in everyday activities. Pedagogical strategies adopted here for the practice of EA in the field schools have promoted better aggregation of scientific knowledge acquired during school with the knowledge of common sense that students already owned prior to exposure of the theme. The results analysis also revealed that motivational pedagogical strategies are potential for student awareness, as long as the teachers maintain a continuous reinforcement on the water crisis problem that devastates a great part of the world and even Brazil, in their classes throughout the school year.

Keywords: Water, Environmental Education, Pedagogical Strategies, Field School.

¹⁵ Comitê Orientador: Sheila Cristina Canobre – UFU e Fábio Augusto do Amaral – UFU.

1 INTRODUÇÃO

Em função do crescente aumento da humanidade, a espécie humana aumentou também sua capacidade de intervir na natureza a fim de satisfazer suas necessidades e desejos crescentes. Esse novo modelo de civilização trouxe consigo a industrialização, como forma de produção e organização do trabalho, a mecanização da agricultura, que inclui o uso intensivo de agrotóxicos, e a urbanização, concentrando a população nas cidades. Como consequência disso, surgiram novas tensões e conflitos ambientais em decorrência do uso do espaço e dos recursos mediante a tecnologia disponível. Algumas consequências perniciosas oriundas da ação humana no meio ambiente são o esgotamento do solo, contaminação da água e a crescente violência nos centros urbanos (BRASIL, 1997; SILVA; GIUNTI, 2014).

Para mitigar tais problemas ambientais, vários debates sobre Educação Ambiental (EA) surgiram ao longo das últimas décadas, tanto no contexto mundial quanto no contexto nacional, como resultado das preocupações de vários setores da sociedade sobre as questões ambientais (BEZERRA, 2007). Nesse sentido, é preciso mencionar alguns eventos ambientalistas que trilharam o surgimento da Educação Ambiental tanto no mundo quanto no Brasil a fim de se entender seus objetivos enquanto ferramenta de conscientização ambiental.

Nos últimos 200 anos, sobretudo após o evento da Revolução Industrial, as ações humanas começaram a afetar significativamente o meio ambiente. No entanto, nos últimos 50 anos, as ações do homem sobre o meio ambiente assumiram consequências temíveis (COELHO; SOARES, 2002). Em se tratando da Revolução Industrial, fatores como uso intensivo de energia fóssil, superexploração dos recursos naturais e uso do ar, água e solo como depósito de dejetos são apontados como principais causadores da degradação ambiental. Com o aumento populacional e o advento da tecnologia, os impactos ambientais tomaram grandes proporções (MARCATTO, 2002).

Embora os problemas de ordem ambiental sejam relatados há três séculos, a partir da Revolução Industrial, a percepção dos efeitos globais desses impactos e, principalmente, as reações frente a eles foram bem mais recentes. A Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Conferência de Estocolmo, Suécia) ocorrida em 1972, foi o primeiro evento mundial em que se tomou consciência da dimensão planetária da crise ambiental e que reuniu membros políticos, especialistas e autoridades de governo, representantes da sociedade civil e a ONU. Essa Conferência

foi marcada pelas perspectivas divergentes dos países desenvolvidos (preocupados com os impactos ambientais sobre a Terra e propondo medidas preventivas imediatas para evitar um desastre) em relação aos países em desenvolvimento (assolados pela miséria e preocupados em se desenvolver economicamente). Como resultado desse evento, produziu-se uma Declaração do Meio Ambiente, contendo princípios de responsabilidade e comportamento que deveriam ser seguidos para a tomada de decisões frente às questões ambientais (TANNOUS; GARCIA, 2008).

Cinco anos depois, em 1977, ocorreu uma Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental em Tbilisi (EUA). Neste evento priorizou-se criar condições que favorecessem a formação de uma nova consciência a respeito do valor da natureza, bem como reorientar a produção do conhecimento com base nas técnicas da multidisciplinaridade e princípios da complexidade. Tais técnicas consistem em desenvolver experiências concretas de EA com a população e diversos níveis de formação de forma criativa e inovadora (BAGLIANO et al., 2012).

Após a Conferência de Estocolmo e as discussões geradas a respeito do Relatório do Clube de Roma, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) assumiu a responsabilidade de discutir o assunto Educação Ambiental tanto no âmbito regional quanto internacional, promovendo, dentre outros eventos, o Seminário Internacional sobre Educação Ambiental em Belgrado (Iugoslávia em 1975) e a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental em Tbilisi (Geórgia – URSS em 1977). O primeiro evento discutiu-se a necessidade de desenvolver programas de Educação Ambiental em todos os países-membros da ONU. Adicionalmente, produziu a Carta de Belgrado cujo objetivo era expressar a estrutura e os princípios básicos da educação ambiental – crescimento econômico aliado ao controle ambiental como novo modelo de ética global. Em contrapartida, o segundo evento discutiu e definiu por meio de uma declaração que a educação ambiental deve ser pautada na criação de consciência e na compreensão dos problemas ambientais e, assim, estimular a formação de comportamentos positivos nas pessoas. O comportamento positivo consiste em despertar iniciativas, o senso de responsabilidade e o esforço de cada indivíduo para construir um futuro melhor (TOZONI-REIS, 2008).

O Seminário Educação Ambiental para a América Latina, realizado na Costa Rica, em 1979, e o Seminário Latino-Americano de Educação Ambiental, realizado na Argentina, em 1988, foram dois eventos que enfatizaram em suas discussões a preservação do patrimônio histórico-cultural e a função estratégica da figura da mulher

no contexto do desenvolvimento local, bem como das culturas ecológicas (LOUREIRO, 2009).

Quatro anos depois, na cidade do Rio de Janeiro, ocorreu a Segunda Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como ECO-92 ou Rio-92. Participaram dessa conferência chefes de Estado, delegações oficiais e representantes de organizações internacionais, como FMI (Fundo Monetário Internacional) e o Banco Mundial. Dentre os objetivos do evento estava averiguar uma possibilidade de propor direitos e obrigações do Estado com respeito às questões ambientais. Os dois documentos de grande importância aprovados nessa conferência foram a Carta da Terra e a Agenda 21. O primeiro corresponde a uma declaração de princípios que orienta quais os comportamentos devem ser assumidos pelos povos e nações com relação ao equilíbrio do desenvolvimento e o meio ambiente. Já o segundo corresponde a um programa de ações estabelecendo metas a fim de construir o desenvolvimento sustentável, contendo a degradação ambiental e melhorando a qualidade de vida no planeta (COELHO; SOARES, 2002).

A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, comumente conhecida e popularizada como *Rio+ 10*, ocorreu em Johannesburgo em 2002, dez anos depois do evento Rio-92. A *Rio+ 10* teve como principal objetivo desenvolver um plano de ação factível, porém pouquíssimas mudanças foram observadas. Em contrapartida, o evento trouxe uma melhor visão dos problemas ambientais decorrentes da globalização, bem como a aplicação de um plano de implementação que culminou na ação coletiva rumo à proteção ambiental aliada ao desenvolvimento econômico e social (DINIZ, 2002).

Em 2012, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a *Rio+ 20*. Este evento reacendeu as esperanças da humanidade de se avançar positivamente para uma sociedade global sustentável. A principal pauta do evento era discutir sobre o meio ambiente e garantir as futuras gerações alimento, água e energia, mas verificou-se que no relatório final os líderes do evento não se preocuparam realmente com a ideia de desenvolvimento sustentável. Os líderes mantiveram o mesmo modelo econômico com base nos mercados e grandes corporações, sobretudo em suas práticas, estando totalmente aquém dos preceitos do desenvolvimento sustentável, que vislumbra atender as necessidades da geração presente sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras. Em suma, não houve avanço significativo em relação à Rio-92, porém deixou o desafio do

desenvolvimento sustentável como uma das preocupações e compromisso da sociedade (GUIMARÃES; FONTOURA, 2012).

Analisando os caminhos da Educação Ambiental no Brasil, esta se fez tardivamente. Os primeiros projetos e programas voltados para o ambiente datam da década de setenta, porém é em meados da década de oitenta que a Educação Ambiental começa a ganhar força (dimensões públicas), principalmente com a sua inclusão na Constituição Federal de 1988. Segundo seu Art. 225, cabe ao poder público “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (BRASIL, Constituição Federal de 1988). Dentre os acontecimentos anteriores ocorridos no Brasil, faz-se necessário ressaltar o marco da decisão do Conselho Federal de Educação, em 1987, que definiu a Educação Ambiental como sendo interdisciplinar e que esta deveria ser inserida no ensino formal como disciplina específica ou não (LOUREIRO, 2009).

Assim, diante do reconhecimento mundial da complexidade crescente dos problemas ambientais, o surgimento da expressão educação ambiental não só se tornou um ideário político, como também passou a ter grande destaque no contexto pedagógico a partir do início dos anos 70 (RAMOS, 2001). A Educação Ambiental (EA), por definição, é considerada como uma das ferramentas existentes para fins de sensibilizar e capacitar a população em geral a respeito de problemas ambientais. A partir dessa ferramenta, objetiva-se desenvolver técnicas e métodos que viabilizem conhecer a gravidade dos problemas ambientais existentes, bem como a necessidade emergente de identificação de possíveis soluções. Os métodos e técnicas necessários para resolução dos problemas ambientais consistem em promover a participação ativa da população na discussão, no diagnóstico do problema local, na proposição de possíveis soluções, implementação das alternativas e avaliação dos resultados alcançados (MARCATTO, 2002). Além disso, a EA no contexto escolar deve ser entendida como um dos meios de engajar os alunos a enfrentar e resolver os problemas ambientais que fazem parte do seu contexto, levando-se em consideração as diferenças entre o meio ambiente natural e o meio ambiente construído pelo homem (RUIZ et al., 2005).

Com base nos princípios e objetivos da Educação Ambiental ao longo de sua trajetória em eventos ambientalistas nacionais e internacionais, a Política Nacional de Educação Ambiental propõe que esta deve ser desenvolvida no âmbito escolar de forma integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades de ensino formal (educação básica, superior, especial, profissional e de jovens e adultos), não podendo

ser implantada como sendo disciplina específica do currículo de ensino. Para se atingir todas as modalidades e níveis de ensino formal por meio da EA, é preciso o desenvolvimento de metodologias e instrumentos educativos, incorporando-se a dimensão ambiental e de forma interdisciplinar. Segundo Costa (2013), a abordagem interdisciplinar em EA difundida nessa política e nas conferências internacionais preconiza utilizar várias disciplinas do currículo escolar (conteúdo e método) para se construir o conceito científico sobre o problema ambiental tratado, no sentido de superar a ideia de fragmentação do saber e, principalmente, valorizando-se os conhecimentos prévios da população. Inclusive, uma das prerrogativas da presente política pública é de exatamente incentivar ações de estudos, pesquisas e experimentações locais e regionais voltadas, principalmente, para a produção de materiais educativos (BRASIL, 1999 b). Recentemente, a EA passou a ser parte integrante do currículo de cursos superiores, por meio do decreto do Conselho Nacional de Educação/Conselho Pleno de 2012, como mecanismo para contribuir na formação profissional, assim como promover a reflexão crítica sobre as questões socioambientais (ações individuais e coletivas que favoreçam a mudança de comportamento no alunado) (PAULA, 2016).

Ainda segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental, o tema Meio Ambiente deve ser trabalhado de forma transversal, pois serão tratados nas diversas áreas do conhecimento constantes no currículo escolar, de forma a fazer parte da prática educativa assim como criar uma visão global do educando quanto às questões ambientais (BRASIL, 1997 a). A transversalidade, segundo Costa e Grynszpan (2007), não se trata somente de trabalhar de forma integrada as áreas do conhecimento, mas também de promover uma inter-relação entre os saberes construídos na escola com os da comunidade ao redor, de forma que os educandos possam participar de esforços que busquem intervir na realidade dessa comunidade e, assim, poder transformá-la por meio de sua intervenção. Além disso, o trabalho interdisciplinar envolvendo a dimensão ambiental ainda é um caminho longo e com muitos obstáculos para se alcançar as primeiras mudanças comportamentais na humanidade em relação à conservação e uso consciente dos recursos naturais (SATO; SANTOS, 2003).

A partir desse contexto histórico é que se faz necessário mencionar a importância da Educação Ambiental no âmbito escolar. Ela deve originar-se da Educação e quando constatada refere-se a um projeto que abranja toda a escola, a comunidade e os movimentos populares bem organizados em prol da preservação da vida, solucionando problemas socioambientais e criando condições mais sustentáveis de vida no planeta

(SANTANA; FREITAS, 2012). A Educação Ambiental, principalmente nas séries iniciais do ensino fundamental, promove uma melhor consciência de preservação e de cidadania. Além disso, a criança aprende desde cedo que é importante cuidar e preservar o meio ambiente, pois são as pequenas ações individuais somadas às outras que são responsáveis pela manutenção da qualidade de vida no planeta terra (MEDEIROS et al., 2011). Ademais, segundo Agudo e Tozoni-Reis (2012), o método de pesquisa-ação-participante favorece uma parceria coletiva entre os professores do Ensino Fundamental para produzir uma Educação Ambiental crítica no processo de alfabetização. Essa EA crítica, busca a prática de uma educação facilitadora mediante ideais democráticos e emancipatórios, tendo como consequência a construção social de conhecimentos voltados para a vida do sujeito (ressaltando as relações sujeito e ambiente e superando as relações existentes na contemporaneidade) (AGUDO; TOZONI-REIS, 2012; TRIPP, 2005). Isso acontece porque a Educação Ambiental apresenta diferentes linhas de pesquisa, em que cada qual apresenta um conjunto de características específicas e algumas delas compartilham características em comum. As linhas tradicionais e mais recentes no campo da Educação Ambiental são: (a) A corrente naturalista; (b) A corrente conservacionista/recursista; (c) A corrente resolutiva; (d) A corrente sistêmica; (e) A corrente científica; (f) A corrente humanista; (g) A corrente moral/ética; (h) A corrente holística; (i) A corrente biorregionalista; (j) A corrente práxica; (k) A corrente crítica; (l) A corrente feminista; (m) A corrente etnográfica; (n) A corrente da eco-educação e; (o) A corrente da sustentabilidade. Dentre todas as linhas de EA, a corrente práxica é a que mais se assemelha aos trabalhos de Educação Ambiental voltados para o público de crianças, pois esta corrente busca na pesquisa-ação promover mudanças num meio (pessoas e meio ambiente) com base na dinâmica participativa, envolvendo todas as pessoas da comunidade em que reside uma situação-problema para transformá-la. Tais mudanças são vistas por essa corrente como sendo de ordem socioambiental e educacional (SUAVÉ, 2005).

Portanto, o uso do método de pesquisa-ação-participante é uma alternativa metodológica interessante e de cunho qualitativo (RUFINO; DARIDO, 2010) para a inserção da EA no contexto escolar, pois possibilita ao professor articular ensino e pesquisa, reflexão sistemática e prática docente que são característicos da EA crítica e transformadora (RHEINHEIMER; GUERRA, 2009). Além disso, possibilita a construção de novos conhecimentos para a área da educação (FRANCO, 2005; TRIPP, 2005). A interdisciplinaridade é uma característica essencial da pesquisa-ação-

participante, uma vez que integra diferentes concepções teóricas e práticas para a tomada de consciência de todos os envolvidos (pesquisador, pesquisado e comunidade) sobre o objeto de estudo (BALDISSERA, 2001).

A temática ambiental água, em específico, tem sido assunto constante no contexto do cotidiano dos cidadãos, sendo abordado em diversas mídias e segmentos sociais, além de estar presente em documentos oficiais, tais como currículos escolares, legislações, livros didáticos e objeto de pesquisa para projetos pedagógicos. Em contrapartida, pesquisadores tem mencionado a crescente degradação dos corpos d'água em função de ações antrópicas, o que tem revelado a necessidade de ações emergentes para fins de recuperação, conservação e preservação dos recursos hídricos existentes (FREITAS; MARIN, 2015). Para isso, Lunardi e Rabaiolli (2013) citam como principais ações emergentes para fins de conservação e preservação dos recursos hídricos: (a) Reuso de águas residuárias para fim agrícola e de irrigação, Para fins domésticos; (b) Recarga de aquíferos; (c) Irrigação paisagística; (d) Entre outros. Tais atitudes, segundo os autores, contribuem para reduzir a crise hídrica, assim como, conserva e preserva os recursos hídricos em geral.

Com base nos diversos trabalhos que desenvolvem diferentes práticas educativas voltadas para a Educação Ambiental, Pelicioni e Ribeiro (2005) afirmam que algumas possibilidades significativas que aprimoram a qualidade das pesquisas em Educação Ambiental desenvolvidas, com vistas no potencial da ação transformadora da realidade, são: (a) Desenvolvimento da visão crítica da problemática socioambiental; (b) O exercício da interdisciplinaridade; e a (c) Participação ativa do educando no processo de ensino-aprendizagem. Teixeira e Souza (2015), por exemplo, afirmam que a produção de materiais educativos como ferramenta para a prática da EA em sala de aula, aliada a situação-problema fornecida pelo próprio aluno (participação ativa) favorece a aquisição e construção do conhecimento no ambiente escolar. Ademais, Pelicioni e Ribeiro (2005) ressaltam que a participação ativa do educando aliada a interdisciplinaridade melhoram significativamente a qualidade dos trabalhos em EA para fins de potencializar a ação transformadora da realidade.

Nesse sentido, o presente trabalho adotou como caminho metodológico realizar entrevistas prévias (com auxílio de um formulário – APÊNDICE B) com os diretores das unidades escolares, elaborar as aulas conforme a idade escolar do público alvo e confeccionar materiais educativos lúdicos para melhor desempenho dos alunos ao longo das aulas. Os resultados alcançados foram fundamentados e discutidos conforme

literatura da área de Educação Ambiental e apresentados com auxílio de figuras e tabelas para melhor visualização dos dados.

Acredita-se que com a realização de atividades educativas, inclusive, a aplicação de estratégias pedagógicas como mecanismo de conscientização ambiental podem ser fundamentais para que os alunos tenham uma melhor visão sobre as questões ambientais e mudem suas posturas frente a pouca disponibilidade de água potável nos dias atuais, inclusive, da problemática da qualidade da água na zona rural. Cabe ressaltar ainda que atividades de Educação Ambiental podem ser pouco relatadas e realizadas em trabalhos acadêmicos para o público de alunos que frequentam Escolas do Campo.

1.1 Problema de pesquisa

Dentro dessa perspectiva, a presente pesquisa de aspecto participativo envolvendo a comunidade escolar da região rural de Uberlândia - MG busca desenvolver a temática "água" com o seguinte questionamento: de que modo estratégias pedagógicas melhoram a conscientização ambiental de alunos de Escolas do Campo da região de Uberlândia-MG quanto ao desperdício de água nas suas atividades cotidianas, formas de contaminação e doenças de veiculação hídrica?

1.2 Objetivos

Partindo-se, então, dos problemas ambientais vinculados aos corpos d'água e da importância da Educação Ambiental como ferramenta de ensino para potencializar a conscientização de educandos, este estudo teve como objetivos:

1.2.1 Geral

- Elaborar e executar estratégias pedagógicas, como prática da Educação Ambiental, para conscientizar educandos de Escolas do Campo de Uberlândia, Minas Gerais, a partir da temática “água”.

1.2.2 Específicos

- Visitar as Escolas do Campo, objetos de estudo deste trabalho, para coletar informações básicas (diagnóstico da realidade) com os profissionais da educação responsáveis pelas unidades de ensino;
- Elaborar atividades didáticas sobre os assuntos: importância da água, desperdício em atividades cotidianas, contaminação, e doenças de veiculação hídrica conforme a idade escolar dos alunos, e com base nos dados fornecidos pelas escolas e;
- Aplicar a abordagem conteudista-racionalista de EA na realização das atividades didáticas envolvendo a temática “água”;
- Verificar se houve melhora (com base no desempenho dos alunos ao longo das aulas) na conscientização dos mesmos mediante as estratégias pedagógicas aplicadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A importância da Educação Ambiental

Em virtude dos problemas ambientais experimentados pelo mundo em decorrência das transformações associadas à modernização (PELEGRINI; VLACH, 2011), é que o termo educação ambiental passou a ter lugar de destaque nas questões políticas, assim como no contexto pedagógico desde o início dos anos setenta. A Educação Ambiental foi inserida no cenário educacional mediante propostas e programas de vinculação internacional, passando a servir como suporte técnico e teórico para as atividades que se desenvolvem nessa área, tanto nos países desenvolvidos, onde esse ideário emergiu como também no Brasil (RAMOS, 2001).

Nessa perspectiva, educar para cidadania representa uma forma de motivar e sensibilizar os cidadãos a fim de se obter transformações nas diversas formas de participação dos mesmos em benefício da qualidade de vida. E é nesse sentido que a Educação Ambiental surge e assume cada vez mais o papel de transformadora, na qual a promoção de um novo tipo de desenvolvimento (desenvolvimento sustentável) surge em função da corresponsabilidade assumida por cada indivíduo. Logo, a Educação Ambiental é entendida como condição necessária para reverter o cenário de crescente degradação socioambiental, apesar de ela ainda ser insuficiente (JACOBI, 2003).

Segundo Fernandes (2010), a Educação Ambiental deve ser entendida como fundamental no processo de formação do cidadão. Ela deve ser oferecida em todos os setores da sociedade de forma permanente, extrapolando os limites da escola. Além disto, tem que ser um processo dinâmico e integrativo que estimule a mudança de hábitos e forme uma nova consciência a respeito da relação homem e natureza. Em especial, criar um projeto de Educação Ambiental que abarque todas as classes sociais. A exemplo disso, Silva et al. (2006) propôs um projeto de Educação Ambiental voltado para conscientização de comunidades rurais do semiárido paraibano quanto ao uso sustentável da água de cisternas provenientes da água da chuva. Com o projeto, os autores identificaram que essas comunidades não tem acesso ao sistema de abastecimento de água e sim de sistemas alternativos coletivos (poços, chafariz, e nascentes). Para sensibilizar essas pessoas quanto ao manejo correto das águas de cisternas, os autores realizaram um debate prévio para identificar as formas de manejo das cisternas utilizadas. Com base nessas informações, foram elaboradas e aplicadas

oficinas didáticas em vários encontros sobre os seguintes temas: (a) Riscos do consumo de água contaminada; (b) Procedimento correto para se obter água de boa qualidade; (c) Formas de tratamento da água de cisterna e; (d) A necessidade de manter a higiene pessoal e social. Segundo os autores, foi possível sensibilizar a comunidade local quanto ao uso correto de sistemas de coleta e armazenamento de água das chuvas, porém provavelmente não foi suficiente para gerar mudanças esperadas (é preciso se tornar constante, isto é, em longo prazo o processo de conscientização).

Portanto, projetos de EA são importantes ao passo que boa parte da população está distante das questões ambientais, o que as tornam vítimas do modelo de desenvolvimento econômico vigente, ignorando suas consequências sociais e ecológicas (FERNANDES, 2010).

Ainda sobre a importância da Educação Ambiental como instrumento para se alcançar um modelo de vida sustentável, Bortolon e Mendes (2014) enfatizam que por meio da Educação Ambiental transformadora, crítica e emancipatória será possível alcançar o ideal de sociedade sustentável. Costa e Grynszpan (2007) ressaltam que essa linha de EA trata dos aspectos socioambientais das relações humanas de forma a alcançar caminhos para a superação dos problemas encontrados, mediante a produção de conhecimentos sobre os processos educativos, além da produção de conhecimentos voltados para o enfrentamento dessa realidade. Para isso, se faz necessárias ações educativas articuladas, condições adequadas e capacitações de professores para que possam trabalhar temas e atividades ambientais que possibilitem desenvolver a conscientização e postura crítica dos educandos. Como consequência disso, serão gerados novos conceitos e valores a respeito da natureza, bem como, contribuirão para a preservação do meio ambiente (BORTOLON; MENDES, 2014).

Revisão de valores, de atitudes e de conhecimentos para o ambiente escolar e para todos agentes educadores que fazem parte da ação pedagógica são possíveis mediante a inserção da questão ambiental no contexto escolar (SOBRAL, 2014). Além disso, é preciso uma fundamentação teórica que permita compreender a Educação Ambiental na sua complexidade, pois é fundamental para favorecer uma articulação entre os saberes científicos e os do senso comum. Mas é preciso uma revisão da prática docente que privilegie a formação continuada desses profissionais para a melhoria da qualidade do desempenho dos docentes, no processo ensino-aprendizagem, frente aos assuntos ambientais (TAVARES, 2013). Tais mudanças na prática docente, segundo a autora, serão possíveis a partir da discussão do assunto, ressaltando a percepção dos

educadores quanto sua função na escola, enquanto formadores de cidadãos e de futuros profissionais docentes.

Segundo Loureiro (2009) para se alcançar uma Educação Ambiental emancipatória, isto é, aquela que rompa com os padrões vigentes da sociedade e da civilização, é preciso que seja incorporado no cotidiano dos educadores ambientais uma coerência entre os princípios preconizados pela Educação Ambiental com os referenciais teórico-conceituais e metodológicos defendidos pela área da educação como instrumento de transformação social (LOUREIRO, 2009). Tais referenciais difundidos pela área da educação são métodos de ensino e aprendizagem que estimulam a transformação do cidadão, como aulas práticas em campo, troca de conhecimentos entre os alunos, entre outros.

Enfim, é preciso construir, desenvolver e avaliar programas de Educação Ambiental mais participativos e que integrem todos os envolvidos do contexto escolar. Principalmente é necessário que o cidadão reconheça o valor da Educação Ambiental e a sua importância no processo educativo. A responsabilidade de educar para o meio ambiente não deve ficar restrita à escola, mas sim, ir além do que propõem a EA formal e informal levando em consideração que a vida é uma experiência de aprendizado que abarca as vivências do ser humano no mundo, na natureza e todas as concepções que se tem sobre ela. Quanto mais significativas e discutidas forem às propostas, melhores serão os resultados a respeito de práticas, políticas e até mesmo da própria gestão da Educação Ambiental (VIEL, 2008).

2.2 Práticas da Educação Ambiental no Ensino Fundamental

O Ensino Fundamental brasileiro está estruturado em nove anos com o objetivo de inserir a criança ao contexto escolar mais cedo e garantir um melhor aprendizado e um ensino de qualidade. O Ministério da Educação (MEC) ao propor a ampliação do Ensino Fundamental é de fazer com que a criança inicie seus estudos aos seis anos de idade e termine o ensino básico aos 14 anos de idade, pois são nos anos iniciais da criança que ela aprende com mais facilidade. Os anos iniciais do Ensino Fundamental referem-se ao 1º, 2º, 3º, 4º e 5º anos, já os anos finais referem-se ao 6º, 7º, 8º e 9º anos (BRASIL, 2006 d). Em contrapartida, a Educação Infantil tem por objetivo atender em tempo integral crianças de 0 a 6 anos, desde que sejam oferecidos espaços adequados e organizados para o desenvolvimento de atividades educativas, bem como, do

desenvolvimento de atividades de cuidado – banho, repouso e alimentação (BRASIL, 2006 e), embora nem todas as escolas tenham uma infraestrutura adequada para a execução dessas atividades de cuidado para as crianças.

O Ensino Fundamental brasileiro tem por objetivos, conforme citado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, que os educandos sejam capazes de: (a) Compreender e exercer a cidadania durante o seu dia-a-dia; (b) Ter uma posição crítica, responsável e construtiva frente às diversas situações sociais; (c) Conhecer as características que fazem parte do Brasil (materiais, sociais e culturais) para o entendimento de sua nacionalidade; (d) Conhecer e valorizar o patrimônio sociocultural brasileiro, bem como de outros povos e nações a fim de combater as diversas formas de discriminação; (e) Perceber seu papel integrante, dependente e agente transformador do ambiente, assim como sua contribuição na melhoria do meio ambiente; (f) Desenvolver o conhecimento de si mesmo e o sentimento de confiança para agir com perseverança na busca de conhecimento e no exercício da cidadania; (g) Conhecer e cuidar do próprio corpo, agindo com responsabilidade em relação a sua própria saúde, bem como, em prol da saúde coletiva; (h) Utilizar diferentes linguagens a fim de produzir, expressar e comunicar suas ideias; (i) Construir conhecimentos com base no uso confiável de diversas fontes de informação e recursos tecnológicos e; (j) Questionar a própria realidade a fim de expor problemas e propor soluções (BRASIL, 1997 a).

Conforme Viel (2008), os PCNs se constituem em um conjunto de propostas com o intuito de orientar a elaboração de projetos educativos, o planejamento didático, o material didático utilizado e as reflexões sobre a prática pedagógica em geral (VIEL, 2008). No que tange a Educação Ambiental no Ensino Fundamental, os Parâmetros Curriculares Nacionais dispõe que os conteúdos de meio ambiente sejam integrados ao currículo escolar de forma transversal. Pela natureza de seus objetos de estudos, as áreas de Ciências Naturais, História e Geografia são as principais parceiras para a abordagem dos conteúdos ambientais. Já as áreas de Matemática, Língua Portuguesa, Educação Física e Arte são importantes ao passo que conduzem o aluno ao processo de construção do conhecimento sobre o meio ambiente. Isso acontece porque o trabalho do tema meio ambiente abrangendo todas as disciplinas favorece a criação de uma visão global e abrangente, pelos alunos, da questão ambiental (BRASIL, 1997 a).

No contexto educacional, a EA pode assumir dois segmentos distintos: formal e informal. O primeiro diz respeito a métodos de ensino estabelecidos por meios sistematizados de ensino institucionalizado em que o aluno aprende cientificamente

sobre as questões ambientais. Já o segundo compreende um aprendizado popular, isto é, aquele adquirido cotidianamente através de diversos grupos sobre as questões ambientais. Apesar de a Educação Ambiental não ser disciplina específica no Ensino Fundamental, esta tem sido trabalhada de acordo com o segmento formal, pois objetiva-se trabalhá-la de forma contínua, integrada e participativa (FERREIRA et al., 2013).

A inserção da Educação Ambiental no contexto do Ensino Fundamental (séries iniciais), segundo Medeiros et al. (2011), é uma forma de sensibilizar os educandos para um convívio mais harmônico entre o homem e a natureza. Portanto, o tema meio ambiente deve ser trabalhado com frequência na escola, pois é nesse local que passam os futuros cidadãos e que por serem crianças, tornam mais fácil o processo de aprendizagem. No entanto, devido às altas lotações de salas de aula e ao número excessivo de conteúdos para serem cumpridos no ano letivo conforme grade curricular, os professores sentem dificuldade em trabalhar temas transversais como o meio ambiente no contexto escolar (MEDEIROS et al., 2011). Portanto, para trabalhar esses temas transversais, Viel (2008) aponta a necessidade de integrar todos os atores inseridos no contexto escolar (professores e gestores escolares) para construir programas de EA participativos e facilitadores de autonomia coletiva.

Segundo relatos de Silva e Leite (2009), a melhor estratégia de desenvolvimento da EA no contexto do Ensino Fundamental é promovendo a formação de educadores e educadoras ambientais, dando ênfase a estratégias metodológicas de cunho dinâmico, criativo, lúdico e também baseado na afetividade estabelecida entre os atores (SILVA; LEITE, 2009). Em complemento a ideia de capacitação de professores no Ensino Fundamental, Santos (2001) diz que esta garantirá maior segurança para o educador reformular e inovar suas práticas educativas incorporando a questão ambiental dentro do programa escolar. Para isso, o educador deverá levar em consideração as questões ligadas a sua própria localidade e, a partir desse ponto, refletir sobre as questões oriundas dos âmbitos regional, nacional e global (SANTOS, 2001).

Com vistas à prática da EA no Ensino Fundamental e, principalmente, levando em consideração o contexto local para sua promoção, Gama e Borges (2010) investigaram em uma escola municipal de Uberlândia-MG como era o entendimento da Educação Ambiental na visão dos professores, como trabalhavam a temática ambiental em sala de aula e quais os valores e atitudes latentes nos alunos quanto à conservação ambiental. Os autores apontaram que a maioria dos educadores sinaliza a EA como sendo um mecanismo de instrução e sensibilização para a conservação ambiental, sendo

apenas uma minoria interessada na formação continuada na área ambiental e que lhes possibilitam o desenvolvimento de atividades inovadoras (exemplos, projetos coletivos sobre a realidade local, criação de blog sobre ação ambiental dos alunos e comunidade, e outros que motivem e despertem a participação dos alunos). Com relação aos alunos, os autores identificaram que estes não os reconhecem como parte integrante do meio ambiente, porém a maioria disse colaborar para sua preservação porque julga ser importante para a sobrevivência humana (GAMA; BORGES, 2010).

2.2.1 Estudos sobre Educação Ambiental no Ensino Fundamental brasileiro

A humanidade enfrenta um novo desafio para se construir comunidades sustentáveis em face dos impasses ambientais experimentados por todo o mundo. Partindo dessa situação-problema é que diversos estudiosos apontam que a união da escola e a sociedade são convocadas e vistas como uma saída para enfrentar os desafios da implantação da Educação Ambiental. Assim, esta surge no Brasil como constatação de que a educação pode transformar o agir do ser humano em sua relação com o meio ambiente (VIEL, 2008).

Em termos legais, tanto a Constituição Federal quanto a Lei 9.795/99 ressaltam a importância da Educação Ambiental como mecanismo de garantir a qualidade de vida para as gerações atuais e futuras com base em atitudes sustentáveis (BRASIL, 1999 b; BRASIL, 1988 c). Assim sendo, torna-se importante ressaltar estudos delineados acerca da Educação Ambiental na educação básica brasileira, pois para Souza e Salvi (2012) isso fica mais evidente, nas últimas décadas, ao constatar-se a crescente produção acadêmico/científica na área, principalmente aquelas que são desenvolvidas no âmbito da pesquisa acadêmica.

Sobre a adoção da pesquisa-ação-participativa na prática da EA em atividades didáticas desenvolvidas em escolas e, sobretudo, com uma abordagem conteudista-racionalista, Santos e Monteiro (2015) sugerem a adoção de projetos ambientais voltados para a sensibilização dos alunos, uma vez que estes terão mais consciência e cuidado com o meio em que vivem a partir da análise e discussão dos problemas ambientais atuais, problemas da própria cidade em que reside, questionamento com os alunos sobre seus conhecimentos prévios e outros. Tal abordagem, segundo os autores, favorece a avaliação crítica dos alunos e uma adequação dos conteúdos com relação ao processo educativo, possibilitando a construção de ações concretas de transformação da

realidade. Fossaluzza et al. (2015), em contrapartida, investigaram junto a professores de escolas públicas de São Paulo o tipo de abordagem em EA que eles adotam em sala de aula. Uma das abordagens citadas pelos professores foi a conteudista-racionalista e eles justificaram o uso dessa abordagem por ser um meio de formar indivíduos para a sustentabilidade com base no estudo dos problemas ambientais. As atividades didáticas adotadas nessa abordagem pelos professores foram: (a) Jogos recreativos; (b) Filmes; (c) Oficinas; (d) Palestras; (e) Produção de textos e outros.

Buscar definições sobre meio ambiente e seu valor, intervir para solucionar conceitos equivocados com relação ao tema e investigar como este é trabalhado no ambiente escolar foram os objetivos delineados por Bezerra et al. (2014) em sua pesquisa. O caminho metodológico adotado pelos autores foi de uma análise qualitativa de 60 questionários aplicados a estudantes do 6º, 7º, 8º e 9º anos do Ensino Fundamental II de uma escola municipal. Os resultados apontados nos questionários, conforme os autores ressaltam que a concepção de meio ambiente, para as quatro turmas avaliadas, é bem naturalística, sendo o homem considerado como uma figura não integrante do meio. Ademais, os alunos reconhecem os problemas ambientais existentes, porém não associam estes problemas próximos a eles. Para corrigir essa construção inicial do conceito de meio ambiente pelos alunos, os autores adotaram a metodologia indutiva (observação, análise e classificação dos fatos) dos desenhos, expressões escritas e entrevistas obtidos durante as aulas. Por isso, os autores afirmam que por meio da Educação Ambiental é possível uma melhor atuação da sociedade frente ao crescimento dos impactos ambientais (BEZERRA et al., 2014).

Ainda sobre estudos de Educação Ambiental no contexto do Ensino Fundamental brasileiro, Barreto e Cunha (2016) analisaram como os conceitos que permeiam a Educação Ambiental são construídos por escolares da série final do Ensino Fundamental em escolas públicas e particulares em Cruz das Almas, Bahia. Metodologicamente, os autores elaboraram e aplicaram um questionário semiestruturado sobre os seguintes assuntos: (a) Meio ambiente; (b) Lixo orgânico; (c) Produtos ecologicamente corretos; (d) Desenvolvimento sustentável; (e) Principais poluentes dos corpos hídricos; (f) Degradação da Terra e; (g) Abordagem da Educação Ambiental nas disciplinas do currículo escolar. Como resultados, os autores identificaram que o tema Meio Ambiente é trabalhado nos âmbitos particular, estadual e municipal de ensino de Cruz das Almas. No entanto, há uma diferença significativa no grau de aprofundamento do tema nos três âmbitos citados (o âmbito particular tem maior

entendimento sobre a Educação Ambiental). Os autores ainda confeccionaram uma cartilha educativa sobre meio ambiente (abordando os seguintes assuntos: Reciclagem; Produtos ecologicamente corretos; Contaminantes do lençol freático; Mata ciliar e; Formas de degradação da Terra) que foram entregues para as escolas participantes, sendo bem aceita pelos professores e gestores (BARRETO; CUNHA, 2016).

Quando a Educação Ambiental é aplicada em escolas localizadas no meio rural é ainda mais importante e necessária, pois permite aos educandos conhecer a cultura da própria região que aos poucos vai morrendo no decorrer das gerações (MESQUITA-NETO et al., 2015).

Portanto, é possível observar a partir dos estudos citados que a prática da Educação Ambiental no Ensino Fundamental brasileiro é bastante evidente e diversificada no que concerne às temáticas ambientais e métodos aplicados. Em específico, Oliveira et al. (2015) afirmam que o uso do tema água aliado ao cotidiano para trabalhar conceitos em sala de aula é suficiente para melhorar a percepção sobre os recursos hídricos em comunidades, modificando a forma de atuação do ser humano frente aos problemas de escassez hídrica.

2.2.2 Estudos sobre Educação Ambiental no Ensino Fundamental mineiro

Analisando os estudos realizados sobre Educação Ambiental no contexto de Minas Gerais, tem-se que Aguilar et al. (2013) objetivaram, em seus estudos, desenvolver oficinas educativas de Educação Ambiental a partir do Programa Pato-Mergulhão em escolas urbanas e do campo localizadas no município de São Roque de Minas/MG. Além disso, os autores investigaram, através de entrevistas, a percepção dos professores quanto aos impactos gerados dessas oficinas sobre seus alunos. As oficinas e debates propostos tratavam dos seguintes temas: (a) Ética; Cidadania; (b) Conservação de fauna e flora; (c) Conservação de solos; (d) Proteção dos rios; e (e) Conservação do pato-mergulhão. A metodologia adotada nas oficinas é da experimentação, estimulando as crianças por meio de narração de histórias, leitura, exposição fotográfica, visita de campo para conhecer a importância da vegetação na conservação do solo, e trabalhos artísticos produzidos pelos alunos mediante o reuso de materiais descartáveis. Para os autores, os alunos de ambas as escolas envolvidas no trabalho participaram ativamente das atividades propostas. Em contrapartida, os professores relataram que as oficinas melhoraram a qualidade de suas aulas, bem como,

tiveram total aprovação para eles quanto ao formato e maneira de execução. Ainda segundo os professores, as metodologias diferenciadas das oficinas citadas (recursos didáticos diversificados) contextualiza o aluno no ambiente científico, assim como desenvolve seu pensamento crítico a respeito dos conhecimentos adquiridos.

Com enfoque na temática água aliada à Educação Ambiental, Oliveira et al. (2011) propuseram em sua investigação trabalhar a Educação Ambiental para a sensibilização, conscientização e mobilização de alunos de uma escola municipal, numa comunidade do Parauninha, Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, a fim de incentivar o uso adequado da água por meio do reconhecimento de animais macroinvertebrados que são bioindicadores de qualidade. Como resultados, os autores identificaram que as dez crianças participantes do projeto (que são do 1º ano ao 8º ano do Ensino Fundamental) conseguiram reconhecer e identificar organismos macroinvertebrados em nível de ordem, tanto nas atividades teóricas (em sala de aula) quanto nas práticas (visita ao rio para identificação dos organismos aquáticos bioindicadores). Os autores ainda ressaltam a importância de se buscar parcerias para esse projeto a fim de incentivar crianças e jovens a identificarem insetos aquáticos na comunidade, bem como, preservar e apreciar a importância de uma água de qualidade.

Programas de Educação Ambiental são caminhos para a mudança de mentalidade quanto aos problemas decorrentes da degradação de ambientes aquáticos, como afirma Ferreira (2015). Nesse contexto, o autor buscou analisar as metodologias empregadas em dois projetos desenvolvidos em Belo Horizonte (Pampulha Limpa e Pampulha Viva) a fim de verificar a eficácia de ambos na melhoria da qualidade ambiental da Lagoa da Pampulha. Metodologicamente, o autor não encontrou diferenças significativas entre os dois projetos em relação às atividades propostas (palestras) e materiais educativos utilizados (folders e banners), pois ambos trabalharam com escolas da região para um público de alunos entre 11 e 16 anos e seus professores, mediante palestras e cursos voltados para a questão das águas, poluição e histórico da Lagoa da Pampulha. Como resultados, o autor identificou que os dois projetos de mobilização representaram uma boa oportunidade de inserir a comunidade local no contexto da recuperação ambiental da lagoa, no entanto, ressalta que é preciso ampliar a área de atuação do projeto para melhor sensibilização e conscientização de moradores próximos dessa bacia hidrográfica.

2.3 Ações de Educação Ambiental na escola aliadas ao tema “água”

A sociedade, nos últimos anos, tem experimentado modelos de vida que se pautam no mau aproveitamento da água, isto é, em uma cultura que reflete o modelo econômico de desenvolvimento adotado pela sociedade (modelo econômico pautado na cultura do desperdício e do consumo excessivo que são característicos do capitalismo). Nesse contexto, a Educação Ambiental inserida desde a Educação Infantil, conforme apontam os próprios documentos da área, é necessária para propor práticas de ensino relacionadas à sustentabilidade nesta etapa de escolarização, pois favorece a aprendizagem sobre o tema ambiental água. A infância é vista como primordial pela Educação Ambiental, pois é nessa etapa em que as crianças começam a se relacionar e sentir parte integrante do meio em que vivem (pertencimento que é considerado pela Educação Ambiental como sendo essencial). Aprendem desde cedo que são responsáveis por um futuro melhor, com vistas ao bem comum, por meio do respeito às diversas formas de vida, sendo a água como um dos bens mais preciosos à sociedade (MASSABNI et al., 2015).

Frente à questão da importância da Educação Ambiental aliada ao tema água, Calazans e Brunken (2015) propuseram um projeto envolvendo universidades e escolas do sertão de Pajeú-Nordeste do Brasil a partir da discussão de temas essenciais tais como água, saúde pública e meio ambiente. Conforme relatos dos autores, metodologicamente foram desenvolvidos oficinas de Educação Ambiental, palestras, cursos sobre higiene sanitária, qualidade, manejo, ciclo e captação da água. Adicionalmente foram produzidos materiais educativos, no formato impresso e digital, no intuito de difundir o conhecimento. Os autores ressaltaram que os resultados comprovaram que é possível conciliar em um único projeto os segmentos ensino, pesquisa e extensão, além de beneficiar visivelmente ambas as partes através da parceria de universidades e escolas locais. Particularmente foi constatado o aumento do interesse dos alunos envolvidos com as questões ambientais, sociais e de fortalecimento dos valores de cidadania. Além disso, a adição do estudo sobre os peixes nativos do rio Tuparetama foi de fundamental importância para a sensibilização da comunidade local que vivenciam a problemática ambiental do rio, bem como, para os participantes (alunos e professores) do projeto. O uso de recursos digitais, ainda segundo os autores, garantiu tanto o livre acesso às informações quanto a preservação dos registros (fotos e relatórios do projeto) (CALAZANS; BRUKEN, 2015).

Ainda no contexto da zona rural, Aguiar et al. (2015) propuseram uma experiência de ensino interdisciplinar a partir da abordagem do tema “conservação dos

recursos hídricos” utilizando-se como recurso a Educação Ambiental. A experiência foi desenvolvida em uma escola pública localizada na zona rural do município de Santarém – Pará. Metodologicamente, os autores conduziram a pesquisa em duas partes. A primeira, os alunos de duas turmas do ensino médio foram orientados por três educadores a elaborarem e executarem oito projetos de pesquisa de iniciação científica sobre diferentes abordagens (temas dos projetos: mapeamento do rio Igarapé, fauna dominante nas matas ciliares, estado de conservação das matas, atividades desenvolvidas no rio, fontes de água utilizadas pela comunidade local, destino dos poluentes, e qualidade da água consumida pelos moradores) levando-se em consideração os recursos hídricos disponíveis nas comunidades rurais no entorno da escola. Já a segunda parte da pesquisa foi à socialização dos resultados obtidos nos oito projetos realizados, por meio de banners, em uma Feira de Ciência promovida pela escola. Os autores perceberam com a exposição dos resultados pelos alunos que houve uma melhor compreensão sobre a importância da água, dos problemas relacionados ao seu uso nas comunidades rurais e das alternativas para a conservação dos corpos d’água (AGUIAR et al., 2015).

Levando em consideração a indissociabilidade do tripé ensino-pesquisa-extensão, Querioz et al. (2016) propuseram inserir a Educação Ambiental no contexto de uma escola pública municipal de ensino fundamental da cidade de Codó-Maranhão, partindo da discussão do tema gerador água. A metodologia aplicada, segundo os autores, se constituiu de análise, planejamento, construção, ensaio e execução no meio escolar, mediante atividades cooperativas interdisciplinares, de ações que fomentem a educação ambiental, a partir da temática água e levando-se em consideração o contexto local. Os autores apontaram que a participação dos licenciados na condução das atividades educativas do projeto foi expressiva e bem aceita pela comunidade escolar. Além disso, após a inserção do projeto e durante o período de observação, foi diagnosticada pelos autores uma situação problema bastante evidente na escola: o lixo escolar. O excesso de lixo na escola chamou bastante atenção dos autores visto que uma das rotas finais desse material pode ser o próprio rio que margeia a cidade. Com base nessa realidade, os autores propuseram uma atividade didática para que os alunos recolhessem o lixo da escola e colassem a foto e os dados numéricos desse lixo em um mural. À medida que as semanas se passavam, os autores observaram uma diminuição no volume de lixo gerado pela escola em função do processo de conscientização realizado. De modo geral, os autores identificaram que as oficinas de Educação

Ambiental favoreceram a interação dos alunos, despertou a curiosidade e, sobretudo, as percepções destes sobre questões relativas à poluição e uso racional da água, com base na realidade local dos estudantes (QUERIOZ et al., 2016).

A água por ser uma substância essencial à vida se destaca como um dos temas transversais abordados em vários momentos do ensino fundamental. Por isso, é essencial o desenvolvimento de metodologias que envolvam este público de alunos ao longo do processo de aprendizagem, a fim de melhorar a compreensão da temática citada (NICOLETTI, 2013).

3 CAMINHO METODOLÓGICO

3.1 Escolas do campo e públicos alvos

A pesquisa-ação-participativa em Educação Ambiental foi desenvolvida com alunos do 1º período da Educação Infantil ao 9º ano do Ensino Fundamental, de três Escolas do Campo localizadas na região de Uberlândia, no estado de Minas Gerais, adotando-se como abordagem educativa a conteudista-racionalista. Segundo Tozoni-reis (2008 b), esse tipo de pesquisa em EA tem como objetivo principal formar o sujeito ecológico com base em uma metodologia de investigação e ação sobre os processos formativos, sendo o processo de investigação e ação de caráter coletivo, participativo, emancipatório e, sobretudo, fundamentado na práxis (compreensão da prática cotidiana para a transmissão dos conhecimentos científicos). A escolha de escolas do campo como objeto de estudo dessa pesquisa se justificou pelo limitado número de pesquisas sobre a prática da Educação Ambiental voltada para o público de alunos da zona rural, principalmente no estado de Minas Gerais.

Inicialmente, foram realizados contatos prévios com os funcionários da educação (diretoria) responsáveis pelas unidades de ensino a fim de obter os consentimentos formais para realização do presente estudo. Além disso, para preservar os direitos fundamentais e direitos da personalidade das unidades de ensino participantes, incluindo os seus integrantes, optou-se por utilizar a nomenclatura “Escola do Campo” em toda pesquisa (Art. 5º da Constituição Federal; Arts. 11 a 21 do Código Civil). Dados preliminares sobre as três Escolas do Campo estão apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - Diagnóstico da realidade das escolas do campo de Uberlândia-MG selecionadas para o estudo.

INFORMAÇÕES BÁSICAS	UNIDADES DE ENSINO DO CAMPO		
	Escola do Campo A	Escola do Campo B	Escola do Campo C
Nível de ensino e idade escolar	Ensino Fundamental (1º ao 9º anos).	Educação Infantil e Ensino Fundamental (1º e 2º períodos e 1º ao 9º anos).	Educação Infantil e Ensino Fundamental (1º e 2º períodos e 1º ao 9º anos).
Turno	Manhã	Manhã	Manhã
Número de alunos	154 alunos	225 alunos	207 alunos
Faixa etária	6 a 16 anos	4 a 17 anos	4 a 17 anos

Fonte: A autora (2016).

As aulas de Educação Ambiental ministradas pelos alunos de iniciação científica da graduação de Bacharelado em Engenharia Ambiental e do programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental (educadores ambientais) foram realizadas entre os meses de março a maio de 2016, conforme a disponibilidade das Escolas do Campo em destinar dias do calendário escolar para a prática da presente pesquisa. Os educadores ambientais participaram de todas as etapas do trabalho educativo, tais como: (a) Estudo e preparo dos materiais das aulas; (b) Lecionar as aulas; e (c) Análise e discussão das observações obtidas no processo educativo, mediante a elaboração de relatórios de cada aula aplicada.

3.2 Elaboração e aplicação de questionário prévio aos (as) diretores (as) responsáveis pelas Escolas do Campo

O método de pesquisa utilizou-se da pesquisa-ação-participante, isto é, baseou-se da interação entre os pesquisadores e os membros das situações investigadas (GIL, 2002). Tal método, segundo Marconi e Lakatos (2003), favorece a participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo investigado, de tal forma que o observador se incorpora ao observado, passando a vivenciar e trabalhar as atividades corriqueiras deste. Assim sendo, para planejar as atividades educativas que seriam aplicadas conforme a idade escolar dos educandos foi elaborado um formulário para ser preenchido pelas (os) diretoras (es) das Escolas do Campo selecionadas, relatando as seguintes informações das escolas: (a) Quantidade de alunos matriculados; (b) Faixa etária; (c) Temas a serem abordados nas aulas de EA (importância da água; desperdício em atividades cotidianas; contaminação e poluição, e doenças de veiculação hídrica) com uso de materiais educativos conforme a idade escolar; (d) Horários disponíveis pelas escolas para aplicar as aulas didáticas; e (e) Nível de leitura dos educandos, conforme mostra o APÊNDICE B.

O formulário foi entregue às escolas participantes e, após a coleta dos dados devidamente preenchidos, estes foram avaliados pelos educadores ambientais. Com base nesses dados, foi possível estruturar as atividades educativas com enfoque no tema ambiental “água” e, consequentemente, aplicá-las em datas estipuladas pela coordenação de cada unidade escolar.

3.3 Planejamento das atividades de Educação Ambiental (EA) conforme respostas dos questionários pelas unidades escolares

Conforme sugestões apontadas no formulário prévio pelas unidades de ensino, as aulas de EA foram organizadas em quatro grupos a partir do nível de ensino dos alunos e foram abordados os seguintes assuntos, conforme aponta a Tabela 9.

TABELA 9 - Planejamento das atividades de EA por grupos e temas abordados.

GRUPOS	NÍVEL DE ENSINO	TEMAS ABORDADOS
Grupo I	Educação Infantil (1º e 2º períodos) / Escolas B e C.	<ul style="list-style-type: none"> • Importância da água; • Desperdício em atividades cotidianas; • Contaminação e poluição; • Doenças de veiculação hídrica.
Grupo II	Ensino Fundamental (1º, 2º e 3º anos) / Escolas A, B e C.	<ul style="list-style-type: none"> • Importância da água; • Desperdício em atividades cotidianas; • Contaminação e poluição; • Doenças de veiculação hídrica.
Grupo III	Ensino Fundamental (4º, 5º e 6º anos) / Escolas A, B e C.	<ul style="list-style-type: none"> • Importância da água; • Desperdício em atividades cotidianas; • Contaminação e poluição; • Doenças de veiculação hídrica.
Grupo IV	Ensino Fundamental (7º, 8º e 9º anos) / Escolas A, B e C.	<ul style="list-style-type: none"> • Importância da água; • Desperdício em atividades cotidianas; • Contaminação e poluição; • Doenças de veiculação hídrica.

Fonte: A autora (2016).

3.3.1 Atividades pedagógicas e recursos didáticos utilizados

O método da aula, os recursos pedagógicos e audiovisuais adotados, estão elencados na Tabela 10, conforme a divisão de grupos proposta acima. A descrição completa dos planos de aula adotados para cada grupo está apresentada no APÊNDICE C.

TABELA 10 - Descrição dos recursos pedagógicos estruturados conforme a divisão de grupos escolares.

	GRUPOS CONFORME IDADE ESCOLAR			
	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Lápis de cor - giz de cera - borracha - cola branca - algodão - flores artificiais de papel - cartolina branca - papel pardo - macarrão - livreto “Ciclo da água” - peixes e frutas de papel - letras de EVA - pirulitos com recado educativo 	<ul style="list-style-type: none"> - Gotas de água de papel - lápis - lápis de cor - recortes de revista - cartolina azul - papel pardo - letras de EVA - peixes de papel - microrganismos - Datashow - notebook - pirulitos com recado educativo 	<ul style="list-style-type: none"> - Erlenmeyers ou copos de vidro - amostra de água - folhas de rascunho - lápis - borracha - vinagre - Datashow - notebook - vídeos educativos sobre a água - apresentação de slides - pirulitos com recado educativo 	<ul style="list-style-type: none"> - Erlenmeyers ou copos de vidro - amostra de água - folhas de rascunho - lápis - borracha - vinagre - Datashow - notebook - vídeos educativos sobre a água - apresentação de slides - pirulitos com recado educativo
MÉTODO DA AULA	Aulas expositivas e dialogadas com o uso de recursos motivadores.	Aulas expositivas e dialogadas com o uso de recursos motivadores.	Aulas expositivas e dialogadas com o uso de recursos motivadores.	Aulas expositivas e dialogadas com o uso de recursos motivadores.

Fonte: A autora (2016).

As estratégias pedagógicas elaboradas e executadas conforme as idades escolares dos discentes estão descritas na Tabela 11. Adotou-se a criação e uso de atividades didáticas devido ao caráter facilitador que essas estratégias trazem para o processo ensino-aprendizagem. Segundo Wesendonk e Prado (2015), as atividades didáticas são fundamentadas com base em concepções alternativas levantadas na literatura da área e que facilitam a aprendizagem dos alunos, conforme o planejamento do professor (exemplos: experimentos, jogos, e outros).

TABELA 11 - Atividades pedagógicas discutidas e planejadas junto aos professores, e adotadas nesse estudo.

SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES							
Grupo I		Grupo II		Grupo III		Grupo IV	
Atividade 1: “Apresentação e discussão dos temas”		Atividade 1: “Apresentação e discussão dos temas”		Atividade 1: “Apresentação e discussão dos temas”		Atividade 1: “Apresentação e discussão dos temas”	
Atividade 2: “Água no corpo”		Atividade 2: “Para que serve a água?”		Atividade 2: “Jogo de perguntas e respostas”		Atividade 2: “Jogo de perguntas e respostas”	
Atividade 3: “Água na natureza”		Atividade 3: “Água poluída, contaminada e limpida”		Atividade 3: vídeos educativos sobre o assunto “água” (“O uso racional da água” ¹⁶)		Atividade 3: vídeos educativos sobre o assunto “água” (“O uso racional da água” ¹⁶)	
Atividade 4: montagem mural “A importância da água”		Atividade 4: montagem mural com os cartazes produzidos		Atividade 4: “Água: as doenças causadas pela contaminação” ¹⁷		Atividade 4: “Água: as doenças causadas pela contaminação” ¹⁷	
Atividade 5: “Ciclo da água”		Atividade 5: Momento 3. entrega de lembrancinhas (pirulitos com recado educativo) como reforço positivo.		Atividade 4: “Experimento prático sensorial das características da água”(APÊNDICE C).		Atividade 4: “Experimento prático sensorial das características da água”(APÊNDICE C).	
Atividade 6: entrega de lembrancinhas (pirulitos com recado educativo) como reforço positivo.		Atividade 5: entrega de lembrancinhas (pirulitos com recado educativo) como reforço positivo.		Atividade 5: entrega de lembrancinhas (pirulitos com recado educativo) como reforço positivo.		Atividade 5: entrega de lembrancinhas (pirulitos com recado educativo) como reforço positivo.	

Fonte: A autora (2016).

3.4 Análises dos dados

As observações obtidas nas aulas de todas as séries foram anotadas e, posteriormente, discutidas nos resultados deste trabalho. Já as respostas da atividade “Jogo de perguntas e respostas” aplicada aos alunos do 4º ao 9º anos foram tratadas estatisticamente, por meio de gráficos gerados no Excel, a fim de verificar o desempenho dos mesmos na atividade em questão. As questões abertas (“Vocês acham que a água do mundo irá acabar?” e “O que podemos fazer para ajudar a economizar a água?”) foram classificadas como certas ou erradas, conforme a interpretação dos

¹⁶ **O uso racional da água.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VDIYyfX0qp8>>.

¹⁷ **Água: As doenças causadas pela contaminação.** <<https://www.youtube.com/watch?v=pGGVI-qH8rE>>.

temas expostos (SILVA; SANTANA, 2014), no entanto levou-se em consideração o grau de aprofundamento desempenhado por cada aluno sobre as questões. O método pedagógico adotado pelos educadores ambientais durante as correções das respostas do jogo foi de analisar, observar e classificar os conceitos apontados pelos alunos e, a partir deles, construir o conceito correto de forma participativa e indutiva (mostrando figuras ilustrativas em slides e discutindo dados científicos que levam a construção correta dos conceitos referentes ao tema água apresentados no jogo).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados do diagnóstico da realidade (formulário preenchido pelos responsáveis das Escolas do Campo), foi possível observar que os alunos do 1º ao 2º períodos da Educação Infantil ainda estavam em processo de alfabetização e, portanto, necessitavam de atividades como pintar, colorir, modelar e colagem. Já os alunos do 1º ao 6º anos do Ensino Fundamental apresentavam uma leitura simples e boa, portanto, necessitavam de atividades que estimulassem a leitura e a arte (desenhar, pintar, colorir e colagem). Por fim, os alunos do 7º ao 9º anos do Ensino Fundamental apresentavam uma leitura boa, portanto, atividades relacionadas à leitura, escrita e experimentos foram desenvolvidas, visando estimular o desenvolvimento científico desses alunos. Com base nesse diagnóstico foi possível desenvolver estratégias pedagógicas condizentes com as necessidades dos alunos.

As estratégias pedagógicas (atividades sobre o tema água com a teoria conciliada à prática, além da troca de conhecimento científico pelos educadores ambientais com os do senso comum pelos educandos das escolas – pesquisa participante) aqui tratadas podem ser mais bem identificadas ao longo da apresentação dos principais resultados do trabalho, uma vez que todo o processo educativo se constituiu a partir das demandas aludidas por cada grupo de alunos ao longo da pesquisa e intervenção, atendendo aos objetivos da Educação Ambiental quanto à construção do conhecimento de forma coletiva, conforme defendido por Souza et al. (2011). Os resultados desta pesquisa foram dispostos em categorias de forma a facilitar a visualização e discussão dos dados obtidos nas três Escolas do Campo estudadas, conforme mostra os subitens a seguir.

4.1 Análise da estratégia pedagógica adotada para o Grupo I

Os alunos da Educação Infantil se mostraram na **Atividade 1** (discussão inicial dos temas propostos para a aula entre os alunos e os educadores ambientais), de maneira geral, nas Escolas do Campo B e C, muito entusiasmadas durante a realização de todas as atividades. Inclusive, quando os educadores ambientais faziam questionamentos durante a apresentação e discussão dos temas, todos os alunos sabiam alguma informação importante como, por exemplo, nas atividades de higienização, as doenças provocadas pelo consumo de água imprópria, o uso da água para o desenvolvimento das plantas e animais, entre outros. Este momento de abordagem comunicativa dialógica,

segundo Silva e Aguiar-Junior (2011), é importante se resgatar ideias preliminares dos alunos sobre o tema água e, assim, provocar explicações sobre os conceitos e eventos (senso comum) em explicações mais abrangentes (conhecimento científico). Os alunos do 1º período da Escola do Campo B, por exemplo, disseram não saber da importância de se ingerir água em jejum para a limpeza das toxinas presentes no organismo, pois seus pais nunca comentaram sobre isso com eles, embora essa informação possa ser pouco conhecida pela população em geral.

Um fato curioso na **Atividade 2**, durante a realização da atividade “Água no corpo”, é que o 1º período da Escola do Campo B pintou 100% do corpo humano que estava ilustrado na cartolina branca, conforme mostrado na Figura 23(C). Isso se explica pelo fato dos educadores ambientais ressaltarem que a água está presente em todo o corpo humano participando ativamente do seu funcionamento, porém para representar em termos quantitativos, os mesmos disseram que 75% do corpo são compostos por água. No entanto, no entendimento das crianças, todo o corpo deveria ser pintado de azul para demonstrar que a água é essencial em todo o corpo humano (conceito alternativo criado pelas crianças, isto é, é um conceito certo, porém visto sob uma diferente perspectiva). Para auxiliar as crianças a construírem o conceito científico de que o corpo humano contém 75% de sua composição em água, os educadores ambientais utilizaram figuras ilustrativas em projeção de slides que mostravam como a água está distribuída no corpo humano. Os órgãos com mais água são os pulmões (mesmo se vivem cheios de ar) e o fígado (86%). Paradoxalmente, eles têm mais água do que o próprio sangue (81%). O cérebro, os músculos e o coração são constituídos por 75% de água (MIRANDA, 2004).

Na atividade relacionada à importância da água para a fauna e flora, realizada na **Atividade 3** (“Água na natureza” – colagem de peixes e flores), os educadores ambientais ressaltaram aos alunos que é extremamente essencial que a água esteja limpa e não poluída e/ou contaminada, pois se estiver em condições inadequadas pode comprometer a existência do ecossistema, como também a saúde do ser humano. Para entender os conceitos de água poluída e contaminada já existentes na percepção das crianças (isto é, antes da intervenção dos educadores ambientais), os educadores ambientais fizeram perguntas aos mesmos. Com base nas respostas obtidas (conceitos de água poluída e contaminada pelos educandos), os educadores ambientais usaram exemplos do cotidiano dos alunos para construir os conceitos científicos em conjunto.

Na **Atividade 4**, os alunos das duas escolas foram orientados a colarem os materiais educativos finalizados nas atividades “Água no corpo” e “Água na natureza” em um moral montado nos corredores das escolas, como meio de socializar os trabalhos educativos produzidos. No intervalo das aulas (recreio), os alunos que fizeram essas atividades chamaram seus colegas de outras turmas para apreciarem os materiais educativos que eles produziram. Foi um momento muito interessante, pois observou-se que os alunos participantes das atividades explicavam os conceitos aprendidos para os colegas das outras turmas, alcançando assim o propósito das atividades (socialização das informações sobre a água).

Já na atividade didática “*Ciclo da água*” (**Atividade 5**), os alunos foram orientados a pintar e fazer colagens em um livreto¹⁸ adaptado que explicava as etapas do ciclo hidrológico. Os educadores ambientais orientaram os alunos a terminarem a atividade em casa, pois pelo fato do pouco tempo da aula, os desenhos das últimas páginas (que representavam a chuva e a permanência nos rios) ficaram incompletos. Não foi possível verificar se a atividade foi finalizada pelos alunos, pois não havia outra data agendada com a escola para o retorno dos educadores ambientais. Cabe ressaltar que a professora regente da Escola do Campo B disse que utilizaria as atividades propostas sobre a temática água como atividade avaliativa na disciplina que estava ministrando aos alunos do 2º período. A interação dos alunos ao longo das atividades propostas e, principalmente, o interesse de uma das professoras em usar o material educativo produzido nas aulas de EA como atividade avaliativa em sua disciplina, mostrou o reflexo positivo das intervenções. Portanto, para Saheb e Rodrigues (2016), a Educação Infantil pautada na Educação Ambiental deve ter como foco métodos didáticos que favoreçam o desenvolvimento de valores socioambientais com a realidade das crianças, aliando-se conhecimentos do senso comum com os conhecimentos científicos. Ademais, segundo Ribeiro e Profeta (2004), as crianças que frequentam assiduamente a Educação Infantil apresentam índices elevados de domínio da escrita, leitura e argumentação, bem como níveis de conscientização ambiental maiores.

Em contrapartida, na Escola do Campo C, as atividades foram realizadas unindo os alunos do 1º e 2º períodos e a turma do 1º Ano. Isso ocorreu pelo fato de nas três séries conterem um número reduzido de alunos por turma. Com isso, foi possível observar que os alunos de maior idade (1º ano) tomaram a iniciativa de realizar as

¹⁸ Livreto “Ciclo da água” adaptado da sessão Patrulha da Água. Disponível em: <<http://rede.novaescolaclub.org.br/planos-de-aula/patrulha-da-agua>>.

atividades propostas se comparado aos alunos do 1º e 2º períodos. Os alunos destes períodos estavam bem acanhados no início das atividades. Para estimular a participação destes alunos acanhados, os educadores ambientais conversaram com os grupos de alunos incentivando-os a dividirem as tarefas das atividades entre todos os integrantes dos grupos, para que todos pudessem contribuir na produção dos materiais educativos. A Figura 23 mostra os resultados das atividades “Água no corpo” e “Água na natureza” produzida pelos alunos das Escolas do Campo B e C.

FIGURA 23 - (A) Atividade didática “Água no corpo” realizada pela Escola do Campo B. **(B)** Atividade didática “Água no corpo” realizada pela Escola do Campo C. **(C)** Corpo humano pintado 100% por um dos grupos da Escola do Campo B.



Fonte: A autora (2016).

A metodologia abordada foi a pesquisa-ação-participativa, na qual a pesquisadora encontra-se como educadora ambiental, propondo uma estratégia didática com a utilização de aulas experimentais investigativas onde o aluno tem a oportunidade de construir seus conhecimentos científicos a partir de suas ideias e pensamentos sobre a temática "água". Portanto, a valorização das ideias prévias dos alunos para a construção dos seus conhecimentos científicos foi fundamental para despertar o interesse dos alunos sobre a importância da água, desperdício em atividades cotidianas, contaminação e poluição e doenças de veiculação hídrica (SILVA; AGUIAR-JR, 2011). Para Schünemann e Rosa (2010), isso acontece devido às estratégias de ensino adotadas para abordar o tema e, assim, alcançar o objetivo da aula.

Ao final das aulas (**Atividade 6**), tanto na Escola do Campo B quanto na Escola do Campo C, foram entregues aos alunos lembrancinhas contendo um recado educativo:

“Economize água! Faça um uso consciente!! As futuras gerações agradecem”. Durante a entrega os educadores ambientais ficaram observando a reação dos alunos e a maioria estava curiosa para descobrir o que estava escrito na gotinha. Os alunos guardaram os recadinhos da gotinha, uma vez que eles preferiram consumir o doce (pirulito) durante o recreio.

Tal estratégia tinha o intuito de reforçar positivamente a importância de se cuidar dos recursos hídricos disponíveis, pois segundo Kumar (2013) a participação das pessoas na resolução de problemas ambientais ajuda tanto as gerações atuais quanto as futuras.

4.2 Análise da estratégia pedagógica adotada para o Grupo II

Na **Atividade 1**, sobre a apresentação e discussão do tema, foi possível observar que os alunos do 1º, 2º e 3º anos da Escola do Campo A se mostraram bastantes interessados nos assuntos trabalhados em sala de aula, inclusive fizeram menção a casos de familiares que adquiriram dengue devido à água parada. Ademais, souberam discutir a importância da água para o mundo, ressaltando que o crescimento das plantas, o organismo humano e as práticas higiênicas são os principais setores que necessitam da água. Já na Escola do Campo B, os alunos do 3º ano se mostraram bastante acanhados (tímidos) se comparados com as turmas do 1º e 2º anos que interagiram bastante durante a exposição do conteúdo. Os alunos do 1º e 2º anos fizeram relatos de experiências vividas por eles e ainda souberam explicar as três doenças causadas pelo vetor *Aedes Aegypti*. Em contrapartida, o 2º e 3º anos da Escola do Campo C, inicialmente, estavam bem apáticos com a apresentação do tema. Possivelmente este tema seja bastante trabalhado com os alunos durante as aulas propostas pelos professores regentes e, por isso, pode se tornar desgastante. Assim sendo, os educadores ambientais insistiram em fazer questionamentos aliando as informações e figuras dos slides para despertar a curiosidade dos alunos. Para Wesendonk e Prado (2015), a proposta investigativa (identificação prévia das necessidades e limitações dos alunos sobre o tema) na prática da EA é essencial para que os alunos possam interagir com a atividade proposta. Com isso, ao longo do diálogo com os educadores ambientais os alunos foram interagindo e contribuindo com a construção do conhecimento.

Após apresentação do tema, a **Atividade 2** consistiu no desenvolvimento da atividade “*Para que serve a água?*”, na qual os alunos tinham que desenhar em um

papel sulfite de cor azul e formato de gota d'água, uma ou mais atividades que eles julgam ser importante quanto ao uso da água. Na Escola do Campo A, foi possível observar que as principais atividades desenhadas pelos alunos foram à higienização (escovar os dentes e tomar banho) e a agricultura (produção de alimentos). Na Escola do Campo B, as principais atividades mencionadas pelos alunos também foram: (a) Higienização básica; (b) Hidratação e; (c) Cuidado com as plantas. Além disso, na turma do 1º ano foi realizada a atividade didática “*Água no corpo*” devido a pouca idade dos alunos. Assim como as outras séries, a turma do 1º ano também demonstrou empolgação e conseguiu com êxito realizar a atividade, demonstrando saber que em média 75% do corpo humano são constituídos de água. É importante ressaltar que os alunos da Escola do Campo C foram bastante criativos nos desenhos feitos nas gotas d'água, com uma riqueza de detalhes, impressionante. Detalharam muito bem a criança pegando a água na geladeira para beber, durante o banho, e também o processo de irrigação de culturas na agricultura. Na Escola do Campo C, no entanto, as turmas referentes ao 2º e 3º anos não realizaram a atividade “*Para que serve a água?*” e também não foi realizada pela professora regente em outra aula, devido ao curto tempo disponível para a execução da aula, bem como, na dificuldade de organizar todos os alunos que eram em grande quantidade, 22 alunos do 2º ano e 25 alunos do 3º ano. Portanto, após a apresentação e discussão do tema foi realizada diretamente a atividade “*Água poluída, contaminada e limpa*”. Alguns alunos não sabiam a diferença entre água poluída e contaminada e, por isso, os educadores ambientais fizeram analogias ao contexto dos alunos para facilitar a construção dos dois conceitos pelos mesmos, como é discutido a seguir.

Sobre os assuntos poluição e contaminação, a **Atividade 3** consistiu em os alunos confeccionarem um cartaz sobre a qualidade da água (limpa, poluída e contaminada), após a abordagem dos conceitos pelos educadores ambientais, a partir da colagem de figuras representativas. Na Escola do Campo A, os alunos souberam dizer que água poluída refere-se àquela que contém poluentes (e. g. garrafas PET, pneus, plásticos, etc.); já a água contaminada é aquela que contém microrganismos (vírus, bactérias e parasitas) e; a água limpa é aquela apropriada para se beber (apresenta qualidade físico-química e microbiológica para ser ingerida pelos seres humanos e para fins de higienização). Já com os alunos da Escola do Campo B, foi possível observar que conhecem bem as definições de água poluída e água limpa, porém água contaminada eles não sabiam definir, inclusive, associavam água poluída e contaminada

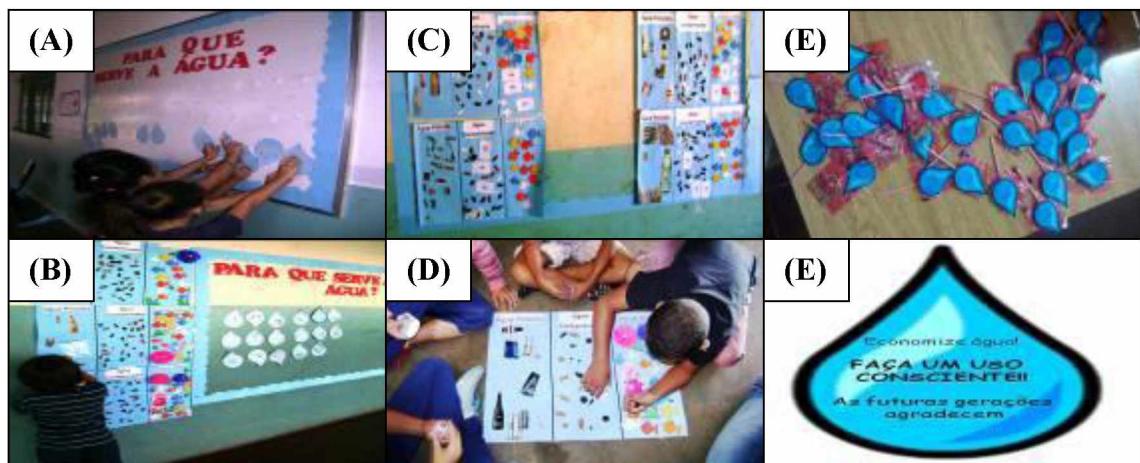
como sendo a mesma coisa. Assim, os educadores ambientais intervieram nessa situação-problema realizando explicações e citando exemplos das três classificações de águas existentes. Um dos educadores ambientais, inclusive, mencionou o desastre ambiental da barragem da Samarco na cidade de Mariana-MG para que os alunos pudessem entender que a lama de rejeitos (metais tóxicos), por exemplo, é uma forma de contaminação da água. Um fato relevante a essa informação é que quando os alunos foram questionados sobre esse desastre ambiental estes responderam que desconheciam tal acontecimento, apesar de ser do contexto do Estado de Minas Gerais. Possivelmente não detinham essa informação pela falta de acesso aos meios de comunicação que relataram esse desastre (TV, internet, jornais ou outros), ou possivelmente por não terem interesse pelos fatos ocorridos devido a pouca idade. Os alunos da Escola do Campo C, diferentemente das outras, diziam que a água poluída se refere àquela que contém “lixo”; a água contaminada é aquela que contém “bichinhos” e; a água limpa é aquela para “beber”. Os alunos construíram ideias do senso comum, mas que descrevem perfeitamente os três tipos de água. Para corrigir tais conceitos alternativos, os educadores ambientais fizeram menção a fatores que contribuem para a alteração da qualidade da água mediante exemplos do cotidiano dos alunos (água poluída: pneus, plásticos, garrafas PET e, água contaminada: agrotóxicos usados na agricultura, fertilizantes, esgotos que contêm patógenos), o que facilitou a construção científica dos conceitos pelos mesmos.

Com as atividades “*Para que serve a água?*” (Escolas do Campo A e B) e “*Água poluída, contaminada e limpa*” conclusas, a **Atividade 4** consistiu em orientar os alunos das Escolas do Campo A, B e C a afixarem os materiais educativos produzidos em um mural afixado nos corredores das escolas (Figura 24). Essa estratégia pedagógica tinha por finalidade promover a socialização dos conhecimentos adquiridos pelos alunos durante as atividades práticas com todos os frequentadores das escolas investigadas. A exposição dos materiais educativos em todas as escolas foi uma estratégia interessante, pois os alunos de outras turmas se interessaram em vê-los e discuti-los com os próprios colegas.

Por fim, a **Atividade 5** consistiu em um “*feed back*” dos assuntos abordados na aula. Para isso, os educadores ambientais entregaram a cada aluno uma lembrancinha (pirulito) contendo um recado educativo: “*Economize água! Faça um uso consciente!! As futuras gerações agradecem*”, para reforçar positivamente a importância de se cuidar dos recursos hídricos disponíveis. Os alunos dessas turmas (1º, 2º e 3º anos)

pediram aos educadores ambientais para lerem (em voz alta) o recadinho do pirulito para toda turma. Além disso, todos guardaram o pirulito para consumirem no momento do recreio. É importante ressaltar que os educadores ambientais reforçaram a importância dos alunos repassarem o recado para os familiares, amigos e demais pessoas que tivessem contato.

FIGURA 24 - (A) Atividades didáticas “*Para que serve a água?*” e “*Água poluída, contaminada e limpa*” da Escola do Campo A. **(B)** Atividades didáticas “*Para que serve a água?*” e “*Água poluída, contaminada e limpa*” da Escola do Campo B. **(C)** Atividade didática “*Para que serve a água?*” da Escola do Campo C. **(D)** Colagem da figura da *Peppa* na água limpa. **(E)** Lembrancinha entregue a todos os alunos de todas as escolas do campo.



Fonte: Os autores (2016).

4.3 Análise da estratégia pedagógica adotada para o Grupo III

Na **Atividade 1**, foram apresentados aos alunos os temas a serem abordados e discutidos em sala de aula. Na Escola do Campo A, as discussões sobre os temas obtidas ao longo da aula deixaram os educadores ambientais surpresos, pois cerca de 80% do conteúdo apresentado aos alunos, estes já tinham conhecimento. Um momento marcante foi quando um aluno relatou a experiência que ele e os demais colegas da escola vivenciaram em um dia da semana para combater os focos do *Aedes Aegypti* nos arredores da própria escola, mostrando o interesse da equipe gestora em combater o mosquito com a participação ativa de toda comunidade escolar. Já nas Escolas do Campo B e C, os alunos demonstraram-se atentos e participativos à apresentação, principalmente aos assuntos relacionados à importância da água, seu uso e desperdício.

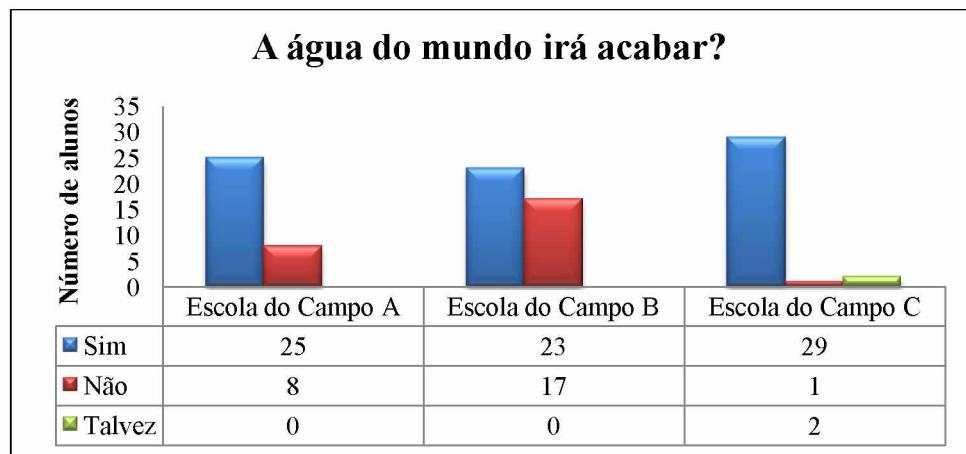
Os assuntos que mais chamaram a atenção dos alunos foram: (a) Produção de energia elétrica em hidrelétricas; (b) Escassez de água devido ao desperdício em atividades cotidianas e; (c) A qualidade da água (contaminação e poluição).

Dando sequência à aula, na **Atividade 2**, os alunos participaram da atividade “*Jogo de perguntas e respostas*”, na qual eles tinham que responder perguntas objetivas e discursivas a fim de resgatar os conhecimentos adquiridos em sala, conforme mostra o APÊNDICE C. Na Escola do Campo A, segundo os alunos do 4º, 5º e 6º anos, as principais atividades de economia de água que os seres humanos devem praticar diariamente são: (a) Fechar a torneira enquanto tomamos banho; (b) Fechar a torneira enquanto lavamos as mãos; (c) Não tomar banhos demorados; (d) Não lavar o carro com torneira aberta; (e) Escovar os dentes com a torneira fechada; (f) Lavar o carro com balde e; (g) Consertar vazamentos. Os alunos da Escola do Campo B, em contrapartida, citaram como principais formas de economia de água as seguintes ações: (a) Não demorar no banho; (b) Fechar a torneira ao escovar os dentes e; (c) Lavar o carro utilizando um balde. Os dados revelam que os alunos obtiveram certo impacto (antes da intervenção com o jogo) quando os educadores enfatizaram, por meio de slides, a quantidade desperdiçada de água em certas atividades do cotidiano. Alguns alunos responderam que acham que a água potável do mundo não irá acabar. Estes alunos justificaram que ela pode não acabar se fizermos um uso consciente, pensando nas futuras gerações. Para complementar a ideia construída pelos alunos, os educadores ambientais mostraram fotos e reportagens de lugares em processo de desertificação devido às ações antrópicas (poluição e contaminação das águas, desperdício em atividades cotidianas e falta de chuva). Essas reportagens deixaram os alunos bastante surpresos com relação à realidade que muitos países vivenciam por falta d’água.

Já os alunos da Escola do Campo C disseram que as principais atividades que nós seres humanos devemos praticar diariamente para economizar a água são: (a) Fechar a torneira enquanto escovamos os dentes; (b) Não tomar banhos demorados; (c) Não lavar o carro com mangueira e; (d) Não deixar a torneira aberta. A maioria acredita que água disponível no Planeta um dia pode acabar (91% das crianças). Isso mostra que os alunos percebem que ações que contaminam, poluem e tornam a água escassa pode ocasionar a sua falta em um futuro não tão distante. Em contrapartida, 6% dos alunos disseram “talvez” e justificaram dizendo que a água pode acabar se nós desperdiçarmos e contaminá-la, mas também ela pode não acabar se fizermos um uso consciente, pensando nas futuras gerações. Nas Figuras 25 e 26 estão apresentados os resultados

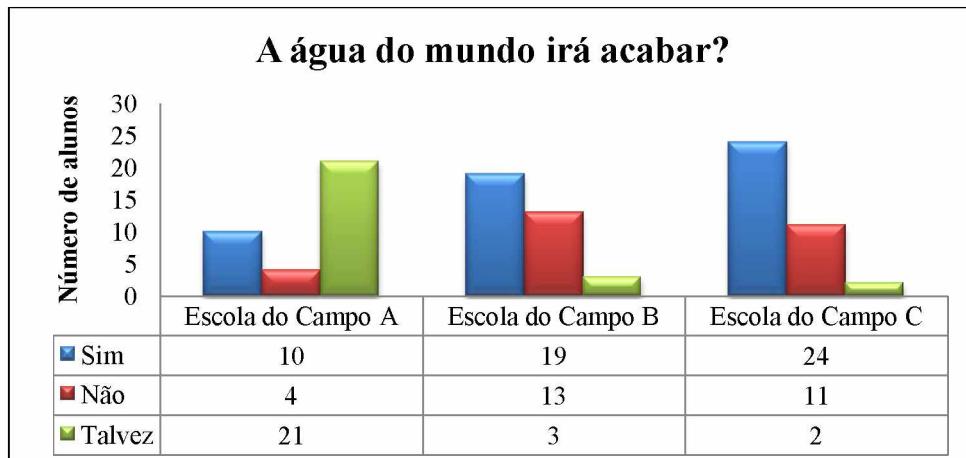
obtidos nas respostas da pergunta discursiva da atividade didática “*Jogo de perguntas e respostas*” para as turmas do 4º e 5º anos das três escolas.

FIGURA 25 - Gráfico das respostas dos alunos (4º e 5º anos) obtidas na pergunta discursiva da atividade didática “*Jogo de perguntas e respostas*”.



Fonte: A autora (2016).

FIGURA 26 - Gráfico das respostas dos alunos (6º e 7º anos) obtidas na pergunta discursiva da atividade didática “*Jogo de perguntas e respostas*”.



Fonte: A autora (2016).

Comparando os dois gráficos é possível observar que para os alunos do 4º e 5º anos das três escolas a água pode acabar sim. Em contrapartida, para os alunos do 6º e 7º anos das três escolas, a maioria acha que a água talvez possa acabar. Essa mudança de pensamento dos alunos em função da idade escolar se explica, possivelmente, pelo fato de os alunos começarem a compreender que a existência ou não desse recurso

depende somente das ações antrópicas de manutenção e conservação dos recursos hídricos.

Jogos didáticos sobre o tema água para o público do Ensino Fundamental, segundo relatos de Nicoletti e Sepel (2013), são bons alternativos que aumenta a motivação e criatividade dos alunos, podendo ser utilizado como instrumento educativo para recuperar ou desenvolver habilidades no alunado e potencializar o desempenho em conteúdos mais difíceis. Entretanto, os autores reforçam que jogos didáticos não são substitutos de outros métodos de ensino uma vez que tais recursos didáticos são apenas um suporte para o trabalho do professor em sala de aula e para os alunos um recurso poderoso para motivar a aprendizagem.

No intuito de reforçar os assuntos abordados em sala de aula, a **Atividade 3** consistiu na apresentação de vídeos educativos produzidos e divulgados pela internet com abordagens sobre o tema “água”. Os vídeos foram: “*O uso racional da água*”¹⁹ e “*Água: as doenças causadas pela contaminação*”²⁰. De maneira geral, os alunos das três turmas das três escolas do campo ficaram bastante atentos aos vídeos.

Na **Atividade 4**, foi desenvolvida a atividade “*Experimento prático sensorial das características da água*”, conforme descrito no APÊNDICE C. O objetivo da atividade é de fazer com que os alunos identifiquem as três características intrínsecas da água por meio de um experimento sensorial e visual (uso dos sentidos olfato e visão). Para isso, utilizaram-se três erlenmeyers para simular as características da água (1 – água “potável” fornecida pela escola; 2 – água com reagente ácido acético, comercialmente conhecido como vinagre e; 3 – água com material de solo, terra). Na Escola do Campo A, os alunos fizeram caretas ao sentirem o odor da amostra de água contendo vinagre, que até então eles desconheciam que havia a contaminação com o reagente. Quando foram questionados de quais das águas expostas eles utilizariam para beber, os mesmos responderam a terceira amostra que não continha cheiro e nem coloração escura. Mediante tais relatos, os educadores ambientais ressaltaram aos alunos que a água apresenta três características fundamentais: incolor, inodora e insípida (Figura 28, p. 132). Ou seja, a água que utilizamos para a nossa ingestão diária não pode conter cheiro, gosto e nem aspecto visual alterado, pois se alguma dessas características não for respeitada significa que esse recurso hídrico apresenta algum tipo

¹⁹ **O uso racional da água.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VDIYyfX0qp8>>.

²⁰ **Água: As doenças causadas pela contaminação.** <<https://www.youtube.com/watch?v=pGGVI-qH8rE>>.

de contaminação e/ou poluição. Na Escola do Campo B, quando questionados de qual amostra não seria uma água potável, os alunos logo citaram a amostra que apresentava uma coloração escura, e as outras duas induziram que estava apta para o consumo. Por fim, na Escola do Campo C, não foi possível realizar tal atividade, pois o tempo da aula estava reduzido.

Por fim, a **Atividade 5** consistiu em “*feed back*” dos assuntos abordados na aula. Para isso, os educadores ambientais entregaram a cada aluno uma lembrancinha (pirulito) contendo um recado educativo: “*Economize água! Faça um uso consciente!! As futuras gerações agradecem*”, para reforçar positivamente a importância de se cuidar dos recursos hídricos disponíveis. Um fato curioso é que os alunos de maior idade se mostraram menos comprometidos com as informações repassadas, pois a maioria jogou no chão da sala o recado da gotinha. Em contrapartida, os educadores ambientais ficaram espantados e decepcionados com a situação ocorrida, uma vez que um dos propósitos da aula foi de mostrar aos alunos que um simples lixo jogado no chão pode comprometer a qualidade das águas quando são carregados pela chuva.

4.4 Análise da estratégia pedagógica adotada para o Grupo IV

Na **Atividade 1**, foram apresentados aos alunos os assuntos que seriam trabalhados na aula a partir do tema “água”, sendo eles: (a) Importância da água para os seres vivos e plantas; (b) Escassez do recurso pelas ações antrópicas; (c) Contaminação e poluição da água e; (d) Doenças referentes à água. Na Escola do Campo A, dentre os assuntos trabalhados, o que chamou mais a atenção dos alunos foi o fato do desmatamento ser um dos fatores que contribuem para a escassez da água no mundo. Em função disso, os educadores ambientais explicaram como desmatamento causa a escassez da água, ressaltando a função das árvores na regulação de água no subsolo. Na Escola do Campo B, apenas os alunos do 7º ano demonstraram-se menos interessados em participar das atividades propostas se comparado aos alunos do 8º e 9º períodos que foram mais ativos e empolgados durante a apresentação dos assuntos. Um fato especial foi quando um dos educadores ambientais questionou como acontecia o processo de produção de energia elétrica por meio do recurso água em usinas hidrelétricas. Curiosamente, um dos alunos soube explicar como acontece todo o processo, embora não conhecesse os termos científicos para explicar tal processo (turbinas, energia cinética, energia gravitacional). Em contrapartida, um fato que chamou a atenção dos

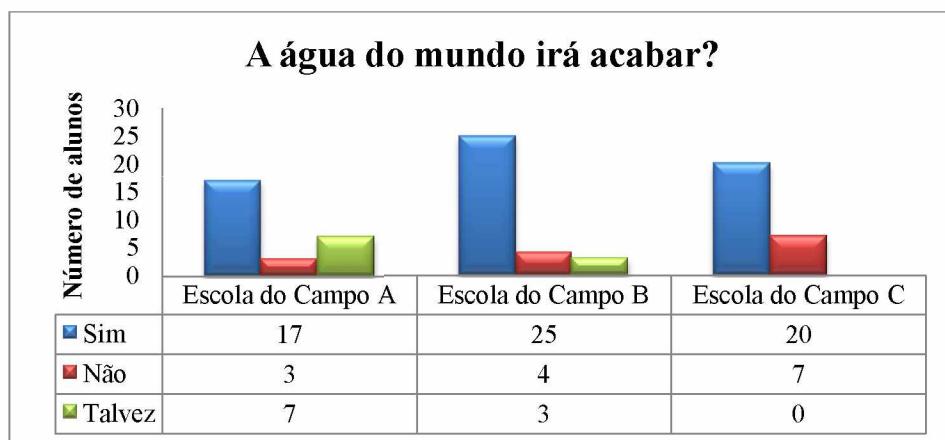
educadores ambientais foi que os alunos do 8º e 9º anos da Escola do Campo C estavam bastante dispersos durante a apresentação, desde conversas paralelas até chamadas de atenção pelo professor responsável pela turma. Pode ser que os alunos tiveram esse comportamento em função da forma de abordagem adotada pelos educadores ambientais, uma vez que se trata de alunos de faixa etária maior (entre 15 a 17 anos). Porém, notou-se que os alunos sabiam sobre os assuntos relacionados à água, como sua importância e as formas de economizá-la. Pode ser que este tema já tenha sido trabalhado pelos professores regentes em séries anteriores e, por isso, possivelmente justifica o fato dos alunos conhecerem sobre os assuntos relacionados à água. Durante a discussão sobre desperdício da água foi evidente a consciência dos alunos das turmas (7º, 8º e 9º anos), quanto a atividades como escovar os dentes com a torneira fechada, lavar a louça com a torneira fechada, não lavar o carro com a mangueira aberta o tempo todo (mesmo alguns relatando que os pais têm essa postura) e, usar regador para hidratar as plantas.

Na atividade “*Jogo de perguntas e respostas*”, na **Atividade 2** da aula, dos alunos da Escola do Campo A que participaram, apenas 23% acertaram todas as questões. Quanto às duas questões dissertativas do jogo, observou-se na primeira questão que a maioria dos alunos disse que água do mundo “talvez” pode acabar, diferentemente das turmas superiores, 8º e 9º anos, que disseram que ela pode acabar “sim” (Figura 27). Já com relação à segunda questão dissertativa, os alunos apontaram diversas atividades cotidianas em que se pode poupar a água, sendo elas: (a) Não deixar torneiras abertas; (b) Não poluir a água; (c) Não desmatar as florestas; (d) Escovar os dentes com a torneira fechada; (e) Não lavar a calçada com mangueira; (f) Evitar vazamentos na encanação; (g) Lavar louças com torneira; (h) Economizar água durante os banhos e; (i) Lavar o carro com balde. Conforme os resultados, as atividades mais citadas pelos alunos estão relacionadas com a higiene pessoal e atividades domésticas. Já na Escola do Campo B, 77% da turma acertaram todas as seis questões de múltipla escolha, inclusive, a questão dissertativa. Foi possível constatar que os alunos estão conscientes de que a existência ou não desse recurso só depende das ações praticadas pela geração atual. Nessa mesma atividade, das turmas participantes da Escola do Campo C apenas três alunos acertaram todas as questões do jogo (7º ano) (Figura 27).

Comparando os gráficos dos alunos do 8º e 9º anos com os do 4º, 5º, 6º e 7º anos é possível observar uma inversão quanto à possibilidade de a água acabar algum dia. Os alunos dos últimos anos (8º e 9º anos) acreditam que a água vai acabar. Possivelmente

elas apontaram essa resposta (após a intervenção pelos educadores ambientais) em função das figuras e vídeos que foram apresentados aos alunos quanto à situação dos recursos hídricos no mundo (a maioria ficou espantada e preocupada com a situação hídrica de boa parte do mundo).

FIGURA 27 - Gráfico das respostas dos alunos (8º e 9º anos) obtidas na pergunta discursiva da atividade didática “*Jogo de perguntas e respostas*”.



Fonte: A autora (2016).

No intuito de reforçar os assuntos abordados em sala de aula, a **Atividade 3** consistiu na apresentação de vídeos educativos produzidos e divulgados pela internet com abordagens sobre o tema “água”. Os vídeos foram: “*O uso racional da água*”²¹ e “*Água: as doenças causadas pela contaminação*”²². De maneira geral, os alunos das três turmas das três Escolas do Campo ficaram bastante atentos aos vídeos. Segundo Aguilar et al. (2013), ações de Educação Ambiental vinculadas a atividades lúdicas (vídeos, oficinas, fotografias e outros) estimulam a visão crítica e a discussão dos alunos sobre a realidade que os cercam (questões ambientais).

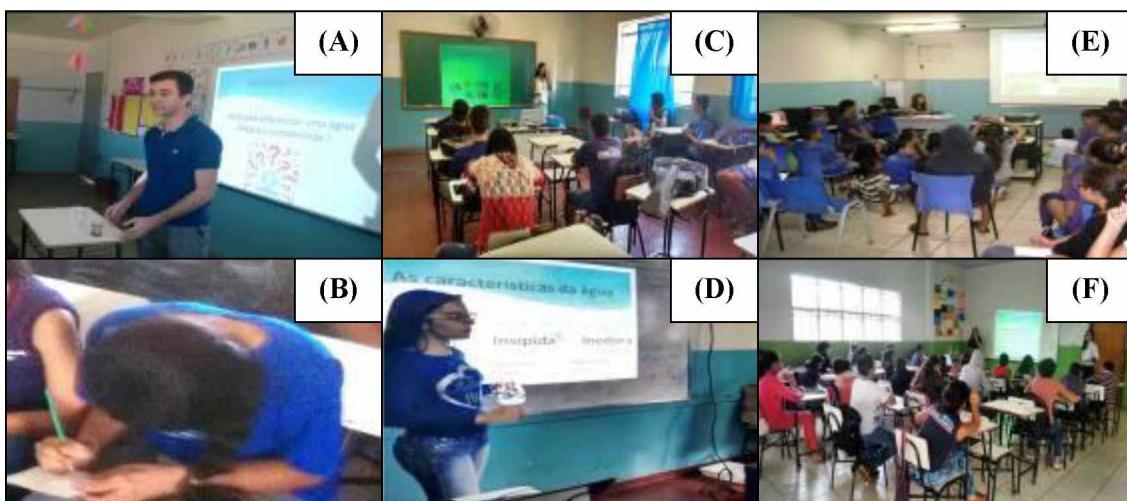
Na atividade “*Experimento prático sensorial das características da água*” (APÊNDICE C), referente à **Atividade 4** da aula, consistia em os alunos verificarem as características intrínsecas da água (insípida, incolor e inodora) por meio de avaliação sensorial (uso dos sentidos olfato e visão) em três amostras simuladas, conforme mostra a Figura 28. Os alunos da Escola do Campo A disseram que não consumiriam a água escura devido à sua cor. Mas também, não consumiriam a água que contém o vinagre

²¹ **O uso racional da água.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VDIYyfX0qp8>>.

²² **Água: As doenças causadas pela contaminação.** <<https://www.youtube.com/watch?v=pGGVI-qH8rE>>.

devido ao odor desagradável (embora eles não soubessem da mistura que foi realizada pelos educadores ambientais com o vinagre). Já na Escola do Campo B, não foi possível realizar tal atividade devido ao reduzido tempo destinada à aula. Em contrapartida, na Escola do Campo C, com base no aspecto visual, todos os alunos responderam que poderiam consumir as duas últimas amostras, pois ambas não apresentavam cor escura. Foi então solicitado que os alunos voluntários cheirassem a água. Um percebeu que não havia cheiro, o outro sentiu o cheiro do vinagre, assustando-se e promovendo a curiosidade dos outros colegas de sala. Foi nesse momento que os educadores ambientais ressaltaram que não devemos acreditar que a água está própria para o consumo apenas observando se ela está transparente. Ademais, salientou-se também que caso alguma dessas características esteja bem evidente significa que a água está fora dos padrões de qualidade (recurso hídrico apresenta algum tipo de contaminação e/ou poluição) e que, por isso, não devemos consumi-la. Nesse sentido, Pereira et al. (2016) reforçam que o tratamento de água para o consumo humano é uma das medidas mais importantes de controle ambiental para a preservação da saúde.

FIGURA 28 - (A) Educador ambiental apresentando a atividade didática “*Experimento prático sensorial das características da água*” na Escola do Campo A. **(B)** Aluna da Escola do Campo A realizando a atividade didática “*Jogo de perguntas e respostas*”. **(C)** Educadora ambiental avaliando as respostas dos alunos da Escola do Campo B na atividade didática “*Jogo de perguntas e respostas*”. **(D)** Educadora ambiental apresentando a atividade didática “*Experimento prático sensorial das características da água*” para os alunos da Escola do Campo B. **(E)** Educadora ambiental apresentando os temas aos alunos da Escola do Campo C. **(F)** Alunos da Escola do Campo C realizando a atividade didática “*Jogo de perguntas e respostas*”.



Fonte: Os autores (2016).

Essa atividade experimental assim como as anteriores, é fundamental para os alunos aprenderem sobre os temas e não simplesmente decorá-los, pois conforme relatos de Silva (2008) são imprescindíveis o uso de propostas alternativas para se desenvolver o espírito crítico e o raciocínio dos alunos.

Por fim, a **Atividade 5** consistiu em “*feed back*” dos assuntos abordados na aula. Para isso, os educadores ambientais entregaram a cada aluno uma lembrancinha (pirulito) contendo um recado educativo: “*Economize água! Faça um uso consciente!! As futuras gerações agradecem*”, para reforçar positivamente a importância de se cuidar dos recursos hídricos disponíveis. Assim como os alunos do 4º, 5º e 6º anos, os do 7º, 8º e 9º anos também descartaram o recadinho no chão da sala, deixando os educadores ambientais descontentes quanto à atitude insustentável dos alunos, apesar dos ensinamentos aprendidos ao longo da aula.

Estratégias didáticas fundamentadas na EA e incluídas na rotina das aulas, segundo Freitas e Zaú (2015), impulsionam os alunos a uma maior percepção e compreensão das questões ambientais, principalmente os de sua localidade. Ademais, Souza et al. (2011) afirmam que a pesquisa participante amplia o comprometimento de todos quanto a necessidade de mudanças da realidade socioambiental em que os indivíduos se inserem.

Com base na participação dos alunos, os educadores ambientais comprovaram o quanto as crianças aprendem rapidamente e são mais responsáveis com o meio ambiente se comparado aos alunos maiores (8º e 9º anos que jogaram no chão o recadinho da gotinha). Além disso, o comprometimento das crianças em repassarem as informações aprendidas durante as aulas para os outros colegas que não participaram das atividades também chamou muito a atenção dos educadores ambientais.

5 SUGESTÕES DE ATIVIDADES FUTURAS DE EA NAS ESCOLAS DO CAMPO

A produção e aplicação de materiais educativos para a prática da Educação Ambiental no Ensino Fundamental têm por finalidade dar suporte na transmissão da informação, assim como promover a mudança de comportamento. Ademais, são ferramentas fundamentais para se articular a teoria e a prática (TEIXEIRA; SOUZA, 2015).

Com o intuito de fortalecer todos os conhecimentos adquiridos em sala de aula por meio das ações de Educação Ambiental, desenvolveu-se um material didático (cartilha educativa) sobre os temas abordados neste estudo, assim como temas novos a serem trabalhados em um momento oportuno de visita às Escolas do Campo participantes, como mostra o APÊNDICE D. “Água e Escola: Educar para Preservar” trata-se de uma cartilha de linguagem simples e objetiva, com ilustrações coloridas, voltada para os alunos do Ensino Fundamental e que tem por pretensão potencializar a sensibilização ambiental desse público alvo de forma didática. Segundo Medeiros et al. (2016), aliar ilustrações aos conceitos científicos em materiais educativos é uma forma estratégica para facilitar o aprendizado do aluno, bem como, de tornar agradável a leitura dos assuntos. Por esse motivo, será indicado aos professores o uso desse material em atividades futuras para trabalhar o tema água e, principalmente, para se desenvolver a conscientização ambiental dos alunos de forma contínua.

Ademais, também serão desenvolvidos em outras visitas futuras (por alunos de iniciação científica do curso de Engenharia Ambiental da UFU) os assuntos “reuso da água” e “formas de tratamento da água” para que os alunos possam compreender que existem práticas sustentáveis de economia de água que podem garantir a disponibilidade de água para as atuais e futuras gerações. Ademais, serão montadas maquetes da estação de tratamento de água (ETA) com a participação dos alunos para que estes possam entender como acontece os processos físicos e químicos que conferem qualidade a água de consumo humano. Todas essas atividades didáticas serão aplicadas nas Escolas do Campo A, B e C que compõe esse trabalho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no diagnóstico da realidade das escolas do campo foi possível observar que todas trabalham com um quantitativo grande de alunos sendo, por esse motivo, necessária a divisão de grupos para se trabalhar as atividades de EA sobre o tema água. Ademais, a maioria dos alunos apresentou dificuldades de leitura e escrita (conforme apontamentos dos diretores no formulário do APÊNDICE B) e, por isso, optou-se por atividades lúdicas para facilitar o aprendizado dos mesmos, sem comprometer a qualidade dos conhecimentos científicos adquiridos. Apesar desses pontos negativos, as atividades pedagógicas foram desenvolvidas com tranquilidade, respondendo às expectativas desta pesquisa-ação-participante de potencializar a conscientização ambiental de alunos de áreas rurais quanto à problemática ambiental dos recursos hídricos. Além disso, a abordagem conteudista-racionalista adotada nas atividades pedagógicas de EA deste trabalho valorizou os conhecimentos alternativos dos alunos para a construção dos conhecimentos científicos a respeito do tema água e, sobretudo, considerou o processo de transmissão e assimilação como sendo essencial para a mudança comportamental mais adequada dos sujeitos com o ambiente.

As estratégias pedagógicas aplicadas pelos educadores ambientais da pesquisa nas três Escolas do Campo atendidas, em Uberlândia-MG, exploraram a conscientização dos alunos em relação à poluição, contaminação, importância, doenças e o uso inapropriado da água com enfoque na utilização cotidiana do recurso hídrico. Foi observado que os estudantes de todas as séries se mostraram interessados com a exposição dos assuntos sobre o recurso hídrico. No entanto, destaca-se com uma ampla participação durante os debates e atividades, a turma do 6º ano da Escola do Campo C, visto que se mostraram curiosos sobre a questão das doenças vinculadas à água e a sua contaminação, ao relatarem situações sobre suas vivências a respeito da dengue. Já as turmas finais do Ensino Fundamental (8º e 9º anos) foram os que mais se mostraram apáticos em relação aos conteúdos ministrados. Essa situação sugere que os alunos já detinham tal conhecimento e não viam necessidade de corresponder às indagações feitas pelos educadores ambientais durante as aulas.

O crescimento e a difusão da Educação Ambiental são de extrema importância, visto que é uma das formas que contribuem para melhores condições de vida às futuras gerações. Portanto, por meio das aulas aqui propostas, os educadores ambientais concluíram que é essencial à aplicação de atividades pedagógicas que envolvem o tema

água, e que seja trabalhado de forma transversal no currículo escolar do Ensino Fundamental, pois assim, seria possível informar detalhes, realizar mais atividades, facilitar a compreensão de termos científicos e trabalhar, em longo prazo, a conscientização dos alunos.

As estratégias pedagógicas aqui adotadas para a prática da EA em Escolas do Campo promoveram uma melhor agregação dos conhecimentos científicos adquiridos durante as aulas com os conhecimentos do senso comum que os alunos já possuíam antes da exposição do tema “água”. Ademais, as atividades que envolviam a produção de materiais educativos pelos alunos mostraram-se ser mais motivadoras do que a discussão inicial do tema nas aulas, devido ao interesse que estes apresentaram durante a execução das atividades. Assim sendo, as ações de Educação Ambiental fundamentadas na pesquisa-ação-participante favoreceu o aprendizado coletivo pela troca de ideias, conhecimentos e experiências entre os educadores ambientais e o público alvo (alunos das Escolas do Campo). Aos educadores ambientais, o trabalho de EA nas Escolas do Campo permitiu conhecer a realidade das comunidades locais, assim como, o conhecimento dos alunos quanto ao tema água (principalmente com relação às doenças vinculadas à água). Além disso, essa experiência permitiu aos educadores ambientais conhecerem mais sobre a importância da prática docente como um dos meios de auxiliar na formação dos cidadãos responsáveis pelo ambiente em que vivem e da necessidade conservá-los.

Enfim, para que seja alcançado o objetivo da conscientização, não basta somente à abordagem do assunto com métodos pedagógicos motivadores em determinadas aulas, mas sim, que seja uma ação constante, de forma que professores e gestores escolares, em conjunto, mantenham um reforço contínuo sobre a problemática da crise hídrica que assola boa parte do mundo e até mesmo o Brasil, em suas aulas ao longo do ano escolar, como objetiva os temas transversais.

REFERÊNCIAS

AGUDO, M. de M.; TOZONI-REIS, M. F. de C. **Educação ambiental na escola:** pesquisa-ação a partir do conto “A maior flor do mundo” de José Saramago. XVI ENDIPE – Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino. UNICAMP, Campinas, 2012. 12p.

AGUIAR, J. da P. et al. Educação ambiental para a conservação dos recursos hídricos por meio de atividade de ensino com pesquisa em uma escola pública no Pará. **Revbea**, v. 10, n. 4, p. 88-98, 2015.

AGUILAR, T. M. et al. Oficinas de educação ambiental do projeto Pato Aqui, Água Acolá em escolas de São Roque de Minas, Minas Gerais, Brasil. **e-Scientia**, v. 06, n. 01, p. 16-35, 2013.

ANDRADE, F. H. B.; CUNHA, R. F. **Água. Ou todos preservam ou ela acaba.** Fundação BioRio, 1^a edição. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT): Brasília, 2011. 16 p.

BAGLIANO, R. V. et al. Conceituação histórica e fundamentação da educação ambiental no mundo e no Brasil. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, ano. 1, n. 1, 94-108, 2012.

BARRETO, L. M.; CUNHA, J. S. Concepções de meio ambiente e educação ambiental por alunos do ensino fundamental de Cruz das Almas (BA): um estudo de caso. **Revbea**, v. 11, n. 01, p. 315-326, 2016.

BEZERRA, A. A. Fragmentos da história da educação ambiental (EA). **Dialógica**, v. 1, n. 3, p. 01-06, 2007.

BEZERRA, Y. B. de S. et al. Análise da percepção ambiental de estudantes do ensino fundamental II em uma escola do município de Serra Talhada (PE). **Revbea**, v. 09, n. 02, p. 472-488, 2014.

BORTOLON, B.; MENDES, M. S. S.. A importância da educação ambiental para o alcance da sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**, v. 5, n. 1, p. 118-136, 2014.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais:** meio ambiente e saúde. Brasília: 128 p, 1997.

_____. **Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 27 de abril de 1999.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 de outubro de 1988.

_____. **Lei nº 10.406 de 10 de janeiro de 2002.** Institui o Código Civil. Brasília, 10 de janeiro de 2002.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Ampliação do ensino fundamental para novos anos.** 3º relatório do programa, 2006, 25 p.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros básicos de infra-estrutura para instituições de educação infantil.** MEC: Brasília, 2006. 45p.

CALAZANS, G. M. T.; BRUKEN, H. M.. Água, saúde pública e educação ambiental – caminhos essenciais para a construção de valores sociais, qualidade de vida e sustentabilidade. **ambientALMENTEsustentable**, v. 2, n. 20, p. 393-417, 2015.

COELHO, M. de A; SOARES, L. T. **Geografia do Brasil.** 5ª ed. Moderna: São Paulo, 2002. 392 p.

COSTA, A. C. M. da; GRYNSZPAN, D. **Educação Ambiental:** obstáculos, desafios e perspectivas. 2007. 12 p.

DINIZ, E. M.. Os resultados da *Rio+ 10. Revista do Departamento de Geografia*, v. 15, p. 31-35, 2002.

FERNANDES, D. do N.. A importância da educação ambiental na construção da cidadania. **OKARA: Geografia em debate**, v. 4, n. 1-2, p. 77-84, 2010.

FERREIRA, M. V. M. Avaliação de projetos de educação ambiental na lagoa da Pampulha (MG). **Revbea**, v. 10, n. 01, p. 164-179, 2015.

FERREIRA, J. E. et al. A importância da educação ambiental no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Educação e Cultura**, n. 7, p. 104-119, 2013.

FOSSALUZA, A. S. et al. A descontinuidade e o esvaziamento da dimensão educativa das ações em educação ambiental realizadas na escola. **Ambientalmente Sustentable**, v. 02, n. 20, p. 687-702, 2015.

FRANCO, M. A. S. Pedagogia da pesquisa-ação. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 03, p. 483-502, 2005.

FREITAS, N. T. A.; MARIN, F. A. D. G. Educação ambiental e água: concepções e práticas educativas em escolas municipais. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 26, número especial 1, p. 234-253, 2015.

FREITAS, J. R. da S.; ZAÚ, A. S. Educação ambiental a partir da interação entre a sala de aula e arredores da comunidade. **Revbea**, v. 10, n. 02, p. 249-269, 2015.

GAMA, L. U.; BORGES, A. A. da S. Educação Ambiental no Ensino Fundamental: a experiência de uma escola municipal em Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 5, p. 18-25, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª ed., Atlas: São Paulo, 2002. 176 p.

GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Edição especial, p. 31-40, 2001.

GUIMARÃES, R. P.; FONTOURA, Y. S. dos R. da. Rio+ 20 ou Rio- 20? Crônica de um fracasso anunciado. **Ambiente e Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 19-39, 2012.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, 2003.

KUMAR, S. Environmental awareness among rural folks of Hamirpur District, H.P. **The International Journal of Engineering And Science**, v. 02, n. 01, p. 81-84, 2013.

LOUREIRO, C. F. B.. **Trajetórias e fundamentos da educação ambiental**. 3. ed. Cortez: São Paulo, 2009. 150 p.

LUNARDI, J.; RABAOLLI, J. A. Valorização e preservação dos recursos hídricos na busca pelo desenvolvimento rural sustentável. **OKARA**, v. 07, n. 01, p. 44-62, 2013.

MARCATTO, C.. **Educação ambiental:** conceitos e princípios. FEAM: Belo Horizonte, 2002. 64 p.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. Editora Atlas: São Paulo, 2003. 310 p.

MASSABNI, V. G. et al. Sustentabilidade na educação infantil: ciclo, aproveitamento e uso consciente da água. Revista **Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 4, n. 1, p. 47-57, 2015.

MEDEIROS, A. B. de et al. A importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 4, n. 1, p. 01-17, 2011.

MEDEIROS, M. S. et al. Abordagem contextualizada do tema agrotóxicos: uma proposta para o ensino de Química. **Periódico Tchê Química**, v. 13, n. 26, p. 105-118, 2016.

MESQUITA-NETO, J. N. et al. Educação ambiental na escola rural: conhecimentos e ferramentas de aprendizado acerca dos mamíferos do cerrado. **Revbea**, v. 10, n. 03, p. 123-133, 2015.

MIRANDA, E. E. de. **A água no corpo humano**. Campinas, 2004. Disponível em: <<http://www.meioambientenews.com.br/conteudo.ler.php?q%5B1%7Cconteudo.idcategoria%5D=27&id=215%20acesso%20em%202021/02/2017>> Acesso em: 22 de fev. 2017.

NICOLETTI, E. R.. **Explorando o tema água através de diferentes abordagens metodológicas no ensino fundamental**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2013.

NICOLETTI, E. R.; SEPEL, L. M. N. **Detetives da água:** desenvolvimento de jogo didático para o ensino fundamental. Atlas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, 2013.

OLIVEIRA, L. H. M. de et al. Biomonitoramento participativo, com insetos aquáticos como bioindicadores de qualidade da água, realizado com alunos da escola municipal José Pedro Gonçalves, comunidade do Parauninha, Conceição do Mato Dentro, MG. **Ambiente e Educação**, v. 16, n. 02, p. 57-74, 2011.

OLIVEIRA, J. T. de et al. **Educação ambiental na escola: um caminho para aprimorar a percepção dos alunos quanto à importância dos recursos hídricos**. In: XI FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, v. 11, n. 04, p. 311-324, 2015.

PAULA, A. G. de. **Análise semi-quantitativa do entendimento da educação ambiental a partir da Resolução 02/2012 pelos docentes, discentes e técnicos dos cursos de graduação em Química da UFU**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2016.

PELICIONI, A. F.; RIBEIRO, H. Capacitação, representação social e prática em educação ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 02, p. 21-24, 2005.

PELEGRINI, D. F.; VLACH, V. R. F.. As múltiplas dimensões da educação ambiental: por uma ampliação da abordagem. **Soc. e Nat.**, ano 23, n. 2, p. 187-196, 2011.

PEREIRA, J. de O. et al. Impacto do consumo descontrolado de água na produção de resíduos em estação de tratamento de água. Estudo de caso: ETA-Itacolomi, Ouro Preto (MG). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 39, p. 02-13, 2016.

QUERIOZ, T. L. S. et al. Uma proposta interdisciplinar de educação ambiental a partir do tema água. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 7, n. 1, p. 15-22, 2016.

RAMOS, E. C. Educação ambiental: origem e perspectivas. **Educar**, n. 18, p. 201-218, 2001.

RIBEIRO, M. de S. L.; PROFETA, A. C. N. A. Programas de educação ambiental no ensino infantil em Palmeiras de Goiás: novos paradigmas para uma sociedade responsável. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.**, v. 13, p. 125-139, 2004.

RUIZ, J. B. et al. Educação ambiental e os temas transversais. **AKRÓPOLIS**, v. 13, n. 01, p. 31-38, 2005.

SAHEB, D.; RODRIGUES, D. G. A educação ambiental na educação infantil: limites e possibilidades. **Cad. Pes.**, v. 23, n. 01, p. 81-94, 2016.

SANTANA, A. C.; FREITAS, D. A. F. de. Educação ambiental para conscientização quanto ao uso da água. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.**, v. 28, p. 178-188, 2012.

SANTOS, S. A. M. dos. **Reflexões sobre o panorama da educação ambiental no ensino formal**. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Panorama da educação ambiental no ensino fundamental. Brasília, 2001. 149 p.

SANTOS, R. P. S. dos; MONTEIRO, A. O. **A importância da educação ambiental nas escolas.** In: II CONEDU – Congresso Nacional de Educação. Campina Grande, Out. 2015.

SATO, M.; SANTOS, J. E. dos. **Tendências nas pesquisas em educação ambiental.** In: NOAL, F.; BARCELOS, V. (Org.). Educação ambiental e cidadania: cenários brasileiros. EDUNISC: Santa Cruz do Sul, 2003, p. 253-283.

SILVA, M. M. P. da et al. Educação ambiental para o uso sustentável de água de cisternas em comunidades rurais da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 01, p. 122-136, 2006.

SILVA, M. M. P. da; LEITE, V. D.. Estratégias para realização de educação ambiental em escolas do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, n. 4, p. 133-144, 2009.

SILVA, A. F. da; AGUIAR-JUNIOR, O. G. Água na vida cotidiana e nas aulas de ciências: análise de interações discursivas e estratégias didáticas de uma professora dos anos iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 03, p. 529-547, 2011.

SILVA, A. V.; GIUNTI, O. D. **Meio ambiente:** percepção ambiental. Muzambinho: IFSuldeMinas, 2014. 71 p.

SILVA, M. A. da; SANTANA, C. G. de. Reuso de água: possibilidade de redução do desperdício nas atividades domésticas. **REVISTA DO CEDS**, n. 01, p. 01-14, 2014.

SOBRAL, M. de M.. A importância do pensamento reflexivo crítico e criativo na educação ambiental. **Revbea**, v. 9, n. 2, p. 314-343, 2014.

SOUZA, D. C. de; SALVI, R. F.. A pesquisa em educação ambiental: um panorama sobre sua construção. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 03, p. 111-129, 2012.

SOUZA, E. F. de et al. Educação ambiental, ludicidade e pesquisa participante no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 21, p. 14-23, 2011.

SUAVÉ, L. Uma cartografia das correntes em educação ambiental. In: SATO, M.; CARVALHO, I. C. M. (Org.). **Educação ambiental:** pesquisas e desafios. Artmed: Porto Alegre, 2005.

SCHÜNEMANN, D. da R.; ROSA, M. B. da. Conscientização ambiental na educação infantil. **Monografias Ambientais**, v. 01, n. 01, p. 122-132, 2010.

TANNOUS, S.; GARCIA, A.. Histórico e evolução da educação ambiental, através dos tratados internacionais sobre o meio ambiente. **Nucleus**, v. 5, n. 2, 183-196, 2008.

TAVARES, G. de S.. O que pensam professores sobre a criação de uma disciplina de educação ambiental? **Revbea**, v. 8, n. 1, p. 83-90, 2013.

TEIXEIRA, R. da S.; SOUZA, R. O. L. de. Análise de materiais educativos utilizados como ferramenta para a educação ambiental de estudantes de escolas públicas do Rio de Janeiro. **REGET**, v. 19, n. 02, p. 1032-1037, 2015.

TOZONI-REIS, M. F. de C. **Educação ambiental:** natureza, razão e história. 2. ed. Campinas: Autores Associados, 2008. 166 p.

VIEL, V. R. C.. A educação ambiental no Brasil: o que cabe à escola? **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.**, v. 21, p. 201-216, 2008.

WESENDONK, F. S.; PRADO, L. do. Atividade didática baseada em experimento: discutindo a implementação de uma proposta investigativa para o ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 01, p. 54-80, 2015.

APÊNDICE A

QUADRO 1A – Formulário de descrição do sistema de captação, armazenamento e distribuição da água de consumo humano das escolas do campo monitoradas.

Nome da escola:	
Município:	
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA	
<input type="checkbox"/> Água superficial <input type="checkbox"/> Água subterrânea/poço artesiano <input type="checkbox"/> Outros	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO POÇO ARTESIANO UTILIZADO	
Descrição:	
FONTES DE CONTAMINAÇÃO DO POÇO ARTESIANO	
<input type="checkbox"/> Fossa séptica próxima <input type="checkbox"/> Áreas de pastagem <input type="checkbox"/> Áreas de cultivo <input type="checkbox"/> Descarte de resíduos sólidos gerados na escola <input type="checkbox"/> Outros.	
ESTRUTURA E LIMPEZA DAS ESCOLAS	
Descrição (entorno da escola, o prédio da escola, descarte dos resíduos, esgoto, etc.):	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA	
<ul style="list-style-type: none">• Limpeza do poço:• Situação da bomba:• Canalização:• Caixa d'água:• Bomba dosadora de cloro:• Bomba dosadora de flúor:	
DESCRIÇÃO DA AGRICULTURA LOCAL, SOLO, RELEVO E VEGETAÇÃO LOCAL	
<ul style="list-style-type: none">• Agricultura:• Solo (tipo):• Relevo (características):• Vegetação (tipo e condições):• Estradas:	

APÊNDICE B

QUADRO 1B – Formulário para coleta de dados pelos (as) diretores (as) das escolas do campo selecionadas para o estudo.

ESCOLA:					
DIRETOR (A):					
CONTATO:					
EMAIL:					
1 – Quantidade de alunos por série (nível de ensino)		Média da idade dos alunos			
1º período					
2º período					
1º ano					
2º ano					
3º ano					
4º ano					
5º ano					
6º ano					
7º ano					
8º ano					
9º ano					
Total de alunos matriculados:					
2 – Aulas ministradas conforme divisão de grupos sobre os temas: Importância da água; Desperdício em atividades cotidianas; Contaminação e poluição; Doenças de veiculação hídrica.		Aceitação			
Material educativo 1: 1º e 2º períodos		(<input type="checkbox"/>) Sim (<input type="checkbox"/>) Não			
Material educativo 2: 1º, 2º e 3º anos		(<input type="checkbox"/>) Sim (<input type="checkbox"/>) Não			
Material educativo 3: 4º, 5º e 6º anos		(<input type="checkbox"/>) Sim (<input type="checkbox"/>) Não			
Material educativo 4: 7º, 8º e 9º anos		(<input type="checkbox"/>) Sim (<input type="checkbox"/>) Não			
3 – Horários disponíveis da escola para receber os educadores ambientais para ministrar as aulas didáticas.					
Grupo I (1º e 2º períodos)					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
7h30min					
8h20min					
9h10min					
10h20min					
11h10min					
12h00min					

3 – Horários disponíveis da escola para receber os educadores ambientais para ministrar as aulas didáticas.

Grupo II (1º, 2º e 3º anos)

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
7h30min					
8h20min					
9h10min					
10h20min					
11h10min					
12h00min					

3 – Horários disponíveis da escola para receber os educadores ambientais para ministrar as aulas didáticas.

Grupo III (4º, 5º e 6º anos)

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
7h30min					
8h20min					
9h10min					
10h20min					
11h10min					
12h00min					

3 – Horários disponíveis da escola para receber os educadores ambientais para ministrar as aulas didáticas.

Grupo IV (7º, 8º e 9º anos)

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
7h30min					
8h20min					
9h10min					
10h20min					
11h10min					
12h00min					

4 – Nível de leitura dos alunos conforme a divisão de grupos proposta

1º e 2º períodos	(<input type="checkbox"/>) Não consegue ler (<input type="checkbox"/>) Lê pouco (<input type="checkbox"/>) Lê bem (<input type="checkbox"/>) Excelente leitura
1º, 2º e 3º anos	(<input type="checkbox"/>) Não consegue ler (<input type="checkbox"/>) Lê pouco (<input type="checkbox"/>) Lê bem (<input type="checkbox"/>) Excelente leitura
4º, 5º e 6º anos	(<input type="checkbox"/>) Não consegue ler (<input type="checkbox"/>) Lê pouco (<input type="checkbox"/>) Lê bem (<input type="checkbox"/>) Excelente leitura
7º, 8º e 9º anos	(<input type="checkbox"/>) Não consegue ler (<input type="checkbox"/>) Lê pouco (<input type="checkbox"/>) Lê bem (<input type="checkbox"/>) Excelente leitura

7 – Descreva aqui sugestões caso seja necessário adaptações na proposta acima.

APÊNDICE C

QUADRO 1C – Plano de aula sobre o tema “água” para os alunos do 1º e 2º períodos da Educação Infantil.

PLANO DE AULA I	
IDENTIFICAÇÃO	
Componente curricular: Língua Portuguesa, Geografia, História e Artes. Carga horária: 50 minutos Período: 1º e 2º períodos da Educação Infantil Educador ambiental: Andressa Costa e Silva Cabral, Edyane Tássia Padilha, Ingrid Da Silva Pacheco, Layla Giovanna Giroto, Luiz Fernando R. Araújo, Maraína Souza Medeiros. Ano: 2016 Semestre letivo: 1º semestre	
OBJETIVOS	
GERAL: <ul style="list-style-type: none">• Compreender os assuntos referentes ao tema água com base no contexto dos alunos da Escola do Campo (senso comum) e com os conhecimentos científicos dos educadores ambientais (pesquisa participante). ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none">• Introduzir a importância da água para a existência da flora, da fauna e da biota;• Conceituar o termo água;• Apresentar diversas atividades cotidianas em que há o desperdício de água, assim como a situação de escassez hídrica mundial e no Brasil;• Expor exemplos de contaminação e poluição da água associando às definições de cada termo (concepção alternativa dos alunos X concepção científica dos educadores ambientais);• Citar as principais doenças de veiculação hídrica e discutir as formas de evitá-las;• Mostrar aos alunos como acontece o ciclo da água na natureza com base em um livreto adaptado para pintar e colar;• Reforçar positivamente a importância de se conservar a água doce disponível no Planeta Terra para as gerações atual e futura.	
EMENTA <ul style="list-style-type: none">• Importância da água;• Desperdício em atividades cotidianas;• Contaminação e poluição da água;• Doenças de veiculação hídrica.	
JUSTIFICATIVA <ul style="list-style-type: none">• O motivo de se trabalhar o tema água com alunos é de exatamente proporcioná-los uma visão mais abrangente dos conceitos científicos que envolvem o tema e, assim, promover a mudança de comportamento frente aos problemas ambientais atuais.	
METODOLOGIA <p>O tema proposto será discutido em uma aula expositiva e dialogada, conforme detalhado a seguir.</p> <p>Inicialmente serão apresentados os objetivos da aula para os alunos e, em seguida, introduzir sobre a importância da água a partir dos relatos dos próprios alunos.</p> <p>O segundo momento consistirá no desenvolvimento da atividade “Água no corpo”. Antes da intervenção, será discutido com os alunos sobre a necessidade da água para regular o</p>	

funcionamento das células do corpo e a sua quantidade, em termos percentuais, na composição da matéria. Nesta atividade, os alunos serão orientados a desenharem o corpo de um dos colegas em uma cartolina branca e, em seguida, pintar com giz de cera ou lápis de cor azul 75% do desenho.

O terceiro momento consistirá no desenvolvimento da atividade “Água na natureza”. Antes da intervenção, os alunos serão questionados pelos educadores ambientais sobre a importância da água na natureza. Com base nas informações citadas pelos alunos (senso comum) e nas informações passadas pelos educadores ambientais (científico), os alunos serão orientados a colarem, na mesma cartolina branca em que foi desenhado o corpo humano, figuras como: peixes, flores e frutas, para representar a importância da água na natureza.

O quarto momento consistirá em os alunos montarem um mural afixado no corredor da escola, denominado “Importância da água”. Neste mural serão colocados os cartazes montados nas atividades “Água no corpo” e “Água na natureza”, como forma de socializar com toda escola as informações adquiridas em aula.

O quinto momento consistirá no desenvolvimento da atividade “Ciclo da água”. Antes da intervenção, os alunos serão questionados sobre como ocorre à renovação da água na natureza (a troca contínua da água que ocorre entre a atmosfera, litosfera e hidrosfera). Em seguida, os alunos serão orientados a pintarem com lápis de cor, giz de cera e colagem com algodão, macarrão e cola gliter todos os desenhos contidos no livreto “Ciclo da água”.

Para finalizar a aula, será entregue aos alunos uma lembrancinha educativa (gotinha d’água com um pirulito) para reforçar positivamente todos os conhecimentos adquiridos em aula. Ademais, os educadores ambientais reforçaram a importância dos alunos repassarem as informações aprendidas sobre o tema água em aula para amigos, familiares e conhecidos.

AVALIAÇÃO

- A avaliação será contínua, isto é, será verificado o desempenho dos alunos ao longo de cada atividade lúdica desenvolvida com base na participação dos mesmos para a construção dos conhecimentos.

RECURSOS DIDÁTICOS

- Cartolinhas brancas;
- Lápis de cor, giz de cera, borracha, cola branca, cola gliter, algodão, flores artificiais de papel, macarrão, peixes e frutas de papel;
- Papel pardo;
- Livreto adaptado “Ciclo da água”;
- Letras de EVA para montar a frase “Importância da água”.

REFERÊNCIAS

- **Básica:**
- FERREIRA, J. E.; PEREIRA, S. G.; BORGES, D. C. S.. A importância da educação ambiental no ensino fundamental. *Revista Brasileira de Educação e Cultura*, n. VII, p. 104-119, 2013.
- FREITAS, N. T. A.; MARIN, F. A. D. G. Educação ambiental e água: concepções e práticas educativas em escolas municipais. *Nuances: estudos sobre Educação*, v. 26, número especial 1, p. 234-253, 2015.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Editora Átomo: Campinas, SP, 2010. 494 p.
- **Complementar:**
- CALAZANS, G. M. T.; BRUKEN, H. M. Água, saúde pública e educação ambiental – caminhos essenciais para a construção de valores sociais, qualidade de vida e sustentabilidade. *ambientALMENTEsustentable*, v. II, n. 20, p. 393-417, 2015.
- GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, Edição especial, p. 31-40, 2001.
- NICOLETTI, E. R.; SEPEL, L. M. N. **Detetives da água: desenvolvimento de jogo didático para o ensino fundamental**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em

Educação em Ciências – IX ENPEC, 2013.

- QUERIOZ, T. L. S.; SILVA, F. da S. e; NUNES, E. da S.; LIMA, A. de S.; MARQUES, C. V. V. C. O.; MARQUES, P. R. B. de O. Uma proposta interdisciplinar de educação ambiental a partir do tema água. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 7, n. 1, p. 15-22, 2016.
- SAHEB, D.; RODRIGUES, D. G. A educação ambiental na educação infantil: limites e possibilidades. **Cad. Pes.**, v. 23, n. 01, p. 81-94, 2016.

QUADRO 2C – Plano de aula sobre o tema “água” para os alunos do 1º, 2º e 3º anos do Ensino Fundamental.

PLANO DE AULA II
IDENTIFICAÇÃO
<p>Componente curricular: Língua Portuguesa, Geografia, História e Artes.</p> <p>Carga horária: 50 minutos</p> <p>Período: 1º, 2º e 3º anos do Ensino Fundamental.</p> <p>Educador ambiental: Andressa Costa e Silva Cabral, Edyane Tássia Padilha, Ingrid Da Silva Pacheco, Layla Giovanna Girotto, Luiz Fernando R. Araújo, Maraina Souza Medeiros.</p> <p>Ano: 2016</p> <p>Semestre letivo: 1º semestre</p>
OBJETIVOS
<p>GERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender os assuntos referentes ao tema água com base no contexto dos alunos da Escola do Campo (senso comum) e com os conhecimentos científicos dos educadores ambientais (pesquisa participante). <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduzir a importância da água para a existência da flora, da fauna e da biota; • Conceituar o termo água; • Apresentar os diversos usos da água no cotidiano; • Mostrar diversas atividades cotidianas em que há o desperdício de água, assim como a situação de escassez hídrica mundial e no Brasil; • Expor exemplos de contaminação e poluição da água associando às definições de cada termo (concepção alternativa dos alunos X concepção científica dos educadores ambientais); • Explicar o conceito de água limpa associando às suas características físico-químicas; • Citar as principais doenças de veiculação hídrica e discutir as formas de evitá-las; • Reforçar positivamente a importância de se conservar a água doce disponível no Planeta Terra para as gerações atual e futura.
EMENTA
<ul style="list-style-type: none"> • Importância da água; • Desperdício em atividades cotidianas; • Contaminação e poluição da água; • Doenças de veiculação hídrica.
JUSTIFICATIVA
<ul style="list-style-type: none"> • O motivo de se trabalhar o tema água com alunos é de exatamente proporcioná-los uma visão mais abrangente dos conceitos científicos que envolvem o tema e, assim, promover a mudança de comportamento frente aos problemas ambientais atuais.
METODOLOGIA
<p>O tema proposto será discutido em uma aula expositiva e dialogada, conforme detalhado a seguir.</p> <p>Inicialmente serão apresentados os objetivos da aula para os alunos e, em seguida, introduzir sobre a importância da água, desperdício em atividades cotidianas, contaminação e poluição, e doenças de veiculação hídrica a partir dos relatos dos próprios alunos.</p> <p>O segundo momento consistirá no desenvolvimento da atividade “<i>Para que serve a água?</i>”. Antes da intervenção, os alunos serão indagados sobre quais atividades do dia-a-dia a água é importante. Com base nas respostas dos alunos, eles serão instruídos a desenharem e pintarem em uma folha no formato de gota d’água, a (s) principal (is) atividades que eles julgam ser</p>

importante o uso da água.

O terceiro momento consistirá no desenvolvimento da atividade “Água poluída, contaminada e limpa”. Antes da intervenção, os alunos serão indagados pelos educadores ambientais se eles sabem a diferença entre água poluída, contaminada e limpa. Com base nas concepções alternativas dos alunos (senso comum), os educadores ambientais construirão junto aos alunos a concepção científica dos três termos. Para melhor compreensão das três definições, os alunos serão instruídos a colarem em uma cartolina azul figuras que representem a qualidade da água (poluída, contaminada e limpa).

O quarto momento consistirá na montagem do mural com os cartazes produzidos no terceiro momento da aula. Essa atividade tem por objetivo que os alunos socializem com toda comunidade escolar todos os conhecimentos adquiridos ao longo da aula proposta.

Para finalizar a aula, será entregue aos alunos uma lembrancinha educativa (gotinha d’água com um pirulito) para reforçar positivamente todos os conhecimentos adquiridos em aula. Ademais, os educadores ambientais reforçaram a importância dos alunos repassarem as informações aprendidas sobre o tema água em aula para amigos, familiares e conhecidos.

AVALIAÇÃO

- A avaliação será contínua, isto é, será verificado o desempenho dos alunos ao longo de cada atividade lúdica desenvolvida com base na participação dos mesmos para a construção dos conhecimentos.

RECURSOS DIDÁTICOS

- Gotas de água em papel, cartolinhas azul, papel pardo, peixes de papel, recortes de revista e microrganismos de papel;
- Letras em EVA para montar a frase “*Para que serve a água?*”;
- Lápis, lápis de cor e borracha;
- Data show e notebook.

REFERÊNCIAS

Básica:

- FERREIRA, J. E.; PEREIRA, S. G.; BORGES, D. C. S.. A importância da educação ambiental no ensino fundamental. *Revista Brasileira de Educação e Cultura*, n. VII, p. 104-119, 2013.
- FREITAS, N. T. A.; MARIN, F. A. D. G. Educação ambiental e água: concepções e práticas educativas em escolas municipais. *Nuances: estudos sobre Educação*, v. 26, número especial 1, p. 234-253, 2015.
- LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Editora Átomo: Campinas, SP, 2010. 494 p.

Complementar:

- CALAZANS, G. M. T.; BRUKEN, H. M. Água, saúde pública e educação ambiental – caminhos essenciais para a construção de valores sociais, qualidade de vida e sustentabilidade. *ambientALMENTEsustentable*, v. II, n. 20, p. 393-417, 2015.
- GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, Edição especial, p. 31-40, 2001.
- NICOLETTI, E. R.; SEPEL, L. M. N. **Detetives da água:** desenvolvimento de jogo didático para o ensino fundamental. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, 2013.
- QUERIOZ, T. L. S.; SILVA, F. da S. e; NUNES, E. da S.; LIMA, A. de S.; MARQUES, C. V. V. C. O.; MARQUES, P. R. B. de O. Uma proposta interdisciplinar de educação ambiental a partir do tema água. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*, v. 7, n. 1, p. 15-22, 2016.
- SAHEB, D.; RODRIGUES, D. G. A educação ambiental na educação infantil: limites e possibilidades. *Cad. Pes.*, v. 23, n. 01, p. 81-94, 2016.

QUADRO 3C – Plano de aula sobre o tema “água” para os alunos do 4º, 5º e 6º anos do Ensino Fundamental.

PLANO DE AULA III
IDENTIFICAÇÃO
<p>Componente curricular: Língua Portuguesa, Geografia, História, Artes, Química e Física.</p> <p>Carga horária: 50 minutos</p> <p>Período: 4º, 5º e 6º anos do Ensino Fundamental.</p> <p>Educador ambiental: Andressa Costa e Silva Cabral, Edyane Tássia Padilha, Ingrid Da Silva Pacheco, Layla Giovanna Girotto, Luiz Fernando R. Araújo, Maraína Souza Medeiros.</p> <p>Ano: 2016</p> <p>Semestre letivo: 1º semestre</p>
OBJETIVOS
<p>GERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender os assuntos referentes ao tema água com base no contexto dos alunos da Escola do Campo (senso comum) e com os conhecimentos científicos dos educadores ambientais (pesquisa participante). <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduzir a importância da água para a existência da flora, da fauna e da biota; • Conceituar o termo água; • Apresentar os diversos usos da água no cotidiano; • Mostrar diversas atividades cotidianas em que há o desperdício de água, assim como a situação de escassez hídrica mundial e no Brasil; • Expor exemplos de contaminação e poluição da água associando às definições de cada termo (concepção alternativa dos alunos X concepção científica dos educadores ambientais); • Citar as principais doenças de veiculação hídrica e discutir as formas de evitá-las; • Mostrar dois vídeos educativos sobre o tema água (“O uso racional da água” e “Água: as doenças causadas pela contaminação”) para reforçar o processo de conscientização dos alunos quanto aos recursos hídricos; • Explicar o conceito de água limpa associando às suas características físico-químicas (insípida, inodora e incolor) por meio de um experimento simples com a participação dos alunos; • Reforçar positivamente a importância de se conservar a água doce disponível no Planeta Terra para as gerações atual e futura.
EMENTA
<ul style="list-style-type: none"> • Importância da água; • Desperdício em atividades cotidianas; • Contaminação e poluição da água; • Doenças de veiculação hídrica.
JUSTIFICATIVA
<ul style="list-style-type: none"> • O motivo de se trabalhar o tema água com alunos é de exatamente proporcioná-los uma visão mais abrangente dos conceitos científicos que envolvem o tema e, assim, promover a mudança de comportamento frente aos problemas ambientais atuais.
METODOLOGIA
<p>O tema proposto será discutido em uma aula expositiva e dialogada, conforme detalhado a seguir.</p> <p>Inicialmente serão apresentados os objetivos da aula para os alunos e, em seguida, será introduzida a aula falando-se sobre a importância da água, desperdício em atividades</p>

cotidianas, contaminação e poluição, e doenças de veiculação hídrica a partir dos relatos dos próprios alunos.

O segundo momento consistirá no desenvolvimento da atividade “*Jogo de perguntas e respostas*”. Antes da intervenção, os alunos serão questionados sobre a composição de água no corpo humano, a quantidade de água necessária para serem ingeridas por dia pelas pessoas, atividades domésticas de economia de água e entre outros assuntos. Aliado a esses questionamentos, serão apresentados informações científicas sobre o tema em projeções de slides para complementar as ideias expostas pelos alunos. O jogo é composto de cinco perguntas de múltipla escolha e duas dissertativas, como mostra a seguir:

- (1) Qual a média em massa de água no corpo humano? (a) 55%; (b) 65%; (c) 75%; (d) 79%
- (2) Qual a necessidade de água diária para o consumo do corpo humano? (a) 1,5 litros; (b) 5 litros; (c) 2 litros; (d) 1 litro.
- (3) Em relação ao desperdício de água, qual a alternativa errada? (a) fechar a torneira ao escovar os dentes; (b) banho de 20 minutos; (c) evitar vazamentos no encanamento; (d) lavar o carro com balde.
- (4) São equipamentos poupadões que ajudam na economia de água: (a) torneira de fechamento automático; (b) mangueira de jardim; (c) encanamentos com vazamentos; (d) regador e garrafa térmica.
- (5) Água é um recurso: (a) que devemos desperdiçar; (b) limitado; (c) que existe em grande quantidade; (d) que nunca irá acabar.
- (6) Vocês acham que a água do mundo irá acabar? O que podemos fazer para ajudar a economizar a água?

O terceiro momento consistirá em apresentar dois vídeos educativos que resumem os assuntos abordados em aula, sendo eles: “*O uso racional da água*” (Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VDIYyfX0qp8>>) e “*Água: as doenças causadas pela contaminação*” (Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pGGVI-qH8rE>>).

O quarto momento consistirá no desenvolvimento da atividade “*Experimento prático sensorial das características da água*”. O experimento consiste em colocar em três erlenmeyers ou copos de vidro, três águas diferentes (1^a: água limpa da torneira; 2^a: água com um pouco de vinagre (ácido acético); e 3^a: água com um pouco de terra). O educador ambiental deverá solicitar a participação de um aluno para que possa avaliar a qualidade das três águas por meio do olfato e da visão. Em seguida, o educador deverá questioná-lo sobre qual ou quais das três águas ele beberia. Com base nas respostas, o educador deverá discutir as três características fundamentais da água (insípida, inodora e incolor), ressaltando a sua importância para o consumo de água com qualidade.

Para finalizar a aula, será entregue aos alunos uma lembrancinha educativa (gotinha d’água com um pirulito) para reforçar positivamente todos os conhecimentos adquiridos em aula. Ademais, os educadores ambientais reforçaram a importância dos alunos repassarem as informações aprendidas sobre o tema água em aula para amigos, familiares e conhecidos.

AVALIAÇÃO

- A avaliação será contínua, isto é, será verificado o desempenho dos alunos ao longo de cada atividade lúdica desenvolvida com base na participação dos mesmos para a construção dos conhecimentos.

RECURSOS DIDÁTICOS

- Erlenmeyers ou copos de vidro, água, terra, vinagre (ácido acético);
- Folhas de rascunho em branco, lápis e borracha;
- Data show, notebook, apresentação de slides, e vídeos educativos sobre o tema água;
- Pirulito com recado educativo no formato de gota d’água.

REFERÊNCIAS

Básica:

- FERREIRA, J. E.; PEREIRA, S. G.; BORGES, D. C. S.. A importância da educação

ambiental no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Educação e Cultura**, n. VII, p. 104-119, 2013.

- FREITAS, N. T. A.; MARIN, F. A. D. G. Educação ambiental e água: concepções e práticas educativas em escolas municipais. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 26, número especial 1, p. 234-253, 2015.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Editora Átomo: Campinas, SP, 2010. 494 p.

Complementar:

- CALAZANS, G. M. T.; BRUKEN, H. M. Água, saúde pública e educação ambiental – caminhos essenciais para a construção de valores sociais, qualidade de vida e sustentabilidade. **ambientALMENTEsustentable**, v. II, n. 20, p. 393-417, 2015.
- GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Edição especial, p. 31-40, 2001.
- NICOLETTI, E. R.; SEPEL, L. M. N. **Detetives da água**: desenvolvimento de jogo didático para o ensino fundamental. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, 2013.
- QUERIOZ, T. L. S.; SILVA, F. da S. e; NUNES, E. da S.; LIMA, A. de S.; MARQUES, C. V. V. C. O.; MARQUES, P. R. B. de O. Uma proposta interdisciplinar de educação ambiental a partir do tema água. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 7, n. 1, p. 15-22, 2016.
- SAHEB, D.; RODRIGUES, D. G. A educação ambiental na educação infantil: limites e possibilidades. **Cad. Pes.**, v. 23, n. 01, p. 81-94, 2016.

QUADRO 4C – Plano de aula sobre o tema “água” para os alunos do 7º, 8º e 9º anos do Ensino Fundamental.

PLANO DE AULA IV
IDENTIFICAÇÃO
<p>Componente curricular: Língua Portuguesa, Geografia, História, Artes, Química e Física.</p> <p>Carga horária: 50 minutos</p> <p>Período: 7º, 8º e 9º anos do Ensino Fundamental.</p> <p>Educador ambiental: Andressa Costa e Silva Cabral, Edyane Tássia Padilha, Ingrid Da Silva Pacheco, Layla Giovanna Girotto, Luiz Fernando R. Araújo, Maraína Souza Medeiros.</p> <p>Ano: 2016</p> <p>Semestre letivo: 1º semestre</p>
OBJETIVOS
<p>GERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender os assuntos referentes ao tema água com base no contexto dos alunos da Escola do Campo (senso comum) e com os conhecimentos científicos dos educadores ambientais (pesquisa participante). <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduzir a importância da água para a existência da flora, da fauna e da biota; • Conceituar o termo água; • Apresentar os diversos usos da água no cotidiano; • Mostrar diversas atividades cotidianas em que há o desperdício de água, assim como a situação de escassez hídrica mundial e no Brasil; • Expor exemplos de contaminação e poluição da água associando às definições de cada termo (concepção alternativa dos alunos X concepção científica dos educadores ambientais); • Citar as principais doenças de veiculação hídrica e discutir as formas de evitá-las; • Mostrar dois vídeos educativos sobre o tema água (“O uso racional da água” e “Água: as doenças causadas pela contaminação”) para reforçar o processo de conscientização dos alunos quanto aos recursos hídricos; • Explicar o conceito de água limpa associando às suas características físico-químicas (insípida, inodora e incolor) por meio de um experimento simples com a participação dos alunos; • Reforçar positivamente a importância de se conservar a água doce disponível no Planeta Terra para as gerações atual e futura.
EMENTA
<ul style="list-style-type: none"> • Importância da água; • Desperdício em atividades cotidianas; • Contaminação e poluição da água; • Doenças de veiculação hídrica.
METODOLOGIA
<p>O tema proposto será discutido em uma aula expositiva e dialogada, conforme detalhado a seguir.</p> <p>Inicialmente serão apresentados os objetivos da aula para os alunos e, em seguida, será introduzida a aula falando-se sobre a importância da água, desperdício em atividades cotidianas, contaminação e poluição, e doenças de veiculação hídrica a partir dos relatos dos próprios alunos.</p> <p>O segundo momento consistirá no desenvolvimento da atividade “<i>Jogo de perguntas e respostas</i>”. Antes da intervenção, os alunos serão questionados sobre a composição de água no corpo humano, a quantidade de água necessária para serem ingeridas por dia pelas pessoas,</p>

atividades domésticas de economia de água e entre outros assuntos. Aliado a esses questionamentos, serão apresentados informações científicas sobre o tema em projeções de slides para complementar as ideias expostas pelos alunos. O jogo é composto de seis perguntas de múltipla escolha e duas dissertativas, como mostra a seguir:

- (1) Qual a média em massa de água no corpo humano? (a) 55%; (b) 65%; (c) 75%; (d) 79%
- (2) Qual a necessidade de água diária para o consumo do corpo humano? (a) 1,5 litros; (b) 5 litros; (c) 2 litros; (d) 1 litro.
- (3) Em relação ao desperdício de água, qual a alternativa errada? (a) fechar a torneira ao escovar os dentes; (b) banho de 20 minutos; (c) evitar vazamentos no encanamento; (d) lavar o carro com balde.
- (4) Quando lavamos o carro, quantos litros de água economizaram ao lavarmos com uma mangueira? (a) 200 litros; (b) 40 litros; (c) 160 litros; (d) 20 litros.
- (5) São equipamentos poupadões que ajudam na economia de água: (a) torneira de fechamento automático; (b) mangueira de jardim; (c) encanamentos com vazamentos; (d) regador e garrafa térmica.
- (6) Água é um recurso: (a) que devemos desperdiçar; (b) limitado; (c) que existe em grande quantidade; (d) que nunca irá acabar.
- (7) Vocês acham que a água do mundo irá acabar? O que podemos fazer para ajudar a economizar a água?

O terceiro momento consistirá em apresentar dois vídeos educativos que resumem os assuntos abordados em aula, sendo eles: “*O uso racional da água*” (Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VDIYyfX0qp8>>) e “*Água: as doenças causadas pela contaminação*” (Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pGGVI-qH8rE>>).

O quarto momento consistirá no desenvolvimento da atividade “*Experimento prático sensorial das características da água*”. O experimento consiste em colocar em três erlenmeyers ou copos de vidro, três águas diferentes (1^a: água limpa da torneira; 2^a: água com um pouco de vinagre (ácido acético); e 3^a: água com um pouco de terra). O educador ambiental deverá solicitar a participação de um aluno para que possa avaliar a qualidade das três águas por meio do olfato e da visão. Em seguida, o educador deverá questioná-lo sobre qual ou quais das três águas ele beberia. Com base nas respostas, o educador deverá discutir as três características fundamentais da água (insípida, inodora e incolor), ressaltando a sua importância para o consumo de água com qualidade.

Para finalizar a aula, será entregue aos alunos uma lembrancinha educativa (gotinha d’água com um pirulito) para reforçar positivamente todos os conhecimentos adquiridos em aula. Ademais, os educadores ambientais reforçaram a importância dos alunos repassarem as informações aprendidas sobre o tema água em aula para amigos, familiares e conhecidos.

AVALIAÇÃO

- A avaliação será contínua, isto é, será verificado o desempenho dos alunos ao longo de cada atividade lúdica desenvolvida com base na participação dos mesmos para a construção dos conhecimentos.

JUSTIFICATIVA

- O motivo de se trabalhar o tema água com alunos é de exatamente proporcioná-los uma visão mais abrangente dos conceitos científicos que envolvem o tema e, assim, promover a mudança de comportamento frente aos problemas ambientais atuais.

RECURSOS DIDÁTICOS

- Erlenmeyers ou copos de vidro, água, terra, vinagre (ácido acético);
- Folhas de rascunho em branco, lápis e borracha;
- Data show, notebook, apresentação de slides, e vídeos educativos sobre o tema água;
- Pirulito com recado educativo no formato de gota d’água.

REFERÊNCIAS

Básica:

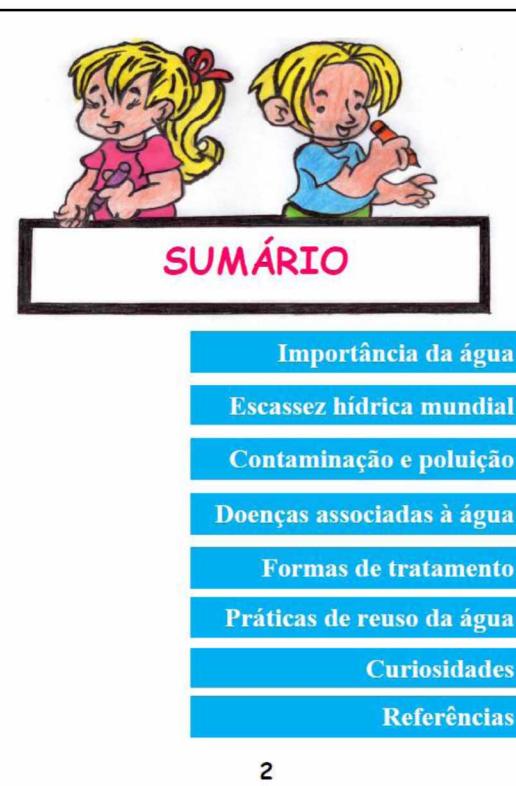
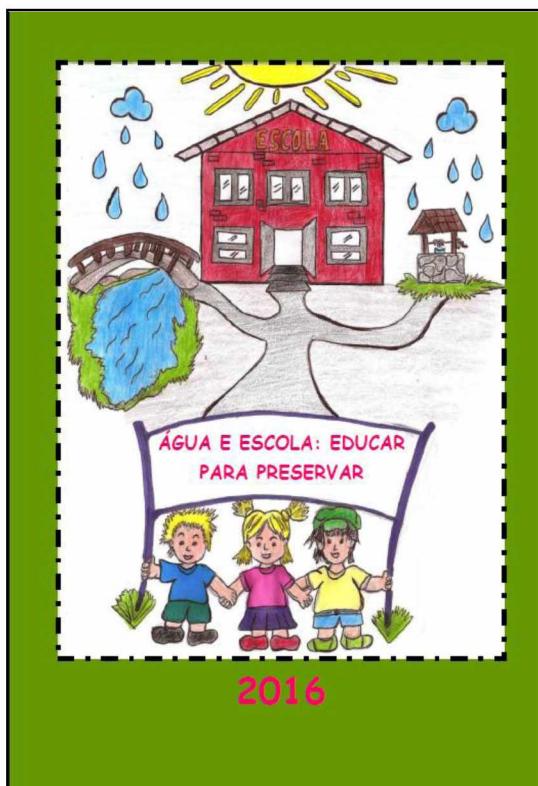
- FERREIRA, J. E.; PEREIRA, S. G.; BORGES, D. C. S.. A importância da educação ambiental no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Educação e Cultura**, n. VII, p. 104-119, 2013.
- FREITAS, N. T. A.; MARIN, F. A. D. G. Educação ambiental e água: concepções e práticas educativas em escolas municipais. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 26, número especial 1, p. 234-253, 2015.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Editora Átomo: Campinas, SP, 2010. 494 p.

Complementar:

- CALAZANS, G. M. T.; BRUKEN, H. M. Água, saúde pública e educação ambiental – caminhos essenciais para a construção de valores sociais, qualidade de vida e sustentabilidade. **ambientALMENTEsustentable**, v. II, n. 20, p. 393-417, 2015.
- GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, Edição especial, p. 31-40, 2001.
- NICOLETTI, E. R.; SEPEL, L. M. N. **Detetives da água**: desenvolvimento de jogo didático para o ensino fundamental. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, 2013.
- QUERIOZ, T. L. S.; SILVA, F. da S. e; NUNES, E. da S.; LIMA, A. de S.; MARQUES, C. V. V. C. O.; MARQUES, P. R. B. de O. Uma proposta interdisciplinar de educação ambiental a partir do tema água. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 7, n. 1, p. 15-22, 2016.
- SAHEB, D.; RODRIGUES, D. G. A educação ambiental na educação infantil: limites e possibilidades. **Cad. Pes.**, v. 23, n. 01, p. 81-94, 2016.

APÊNDICE D

FIGURA 1D – Cartilha educativa produzida sobre os temas abordados em sala de aula como proposta de atividade futura para ser utilizada pelos professores regentes das Escolas do Campo.



SUMÁRIO

- Importância da água
- Escassez hídrica mundial
- Contaminação e poluição
- Doenças associadas à água
- Formas de tratamento
- Práticas de reuso da água
- Curiosidades
- Referências

2

Importância da água

No corpo humano...



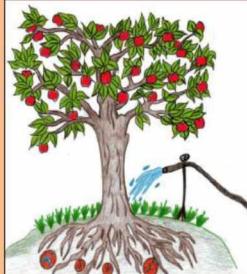
Por ser um solvente universal, dentro da célula humana funciona como dispersante de substâncias orgânicas e inorgânicas. Portanto, é na água das células que ocorrem as reações de metabolismo. Além disso, a água tem importante papel na regulação do equilíbrio térmico do corpo humano.

A água também é responsável por dissolver alimentos e gases da respiração e por ela são transportados.

Definição...

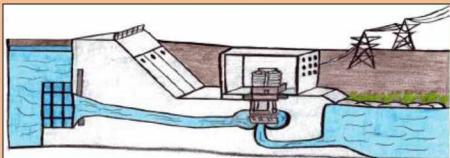


Na agricultura...



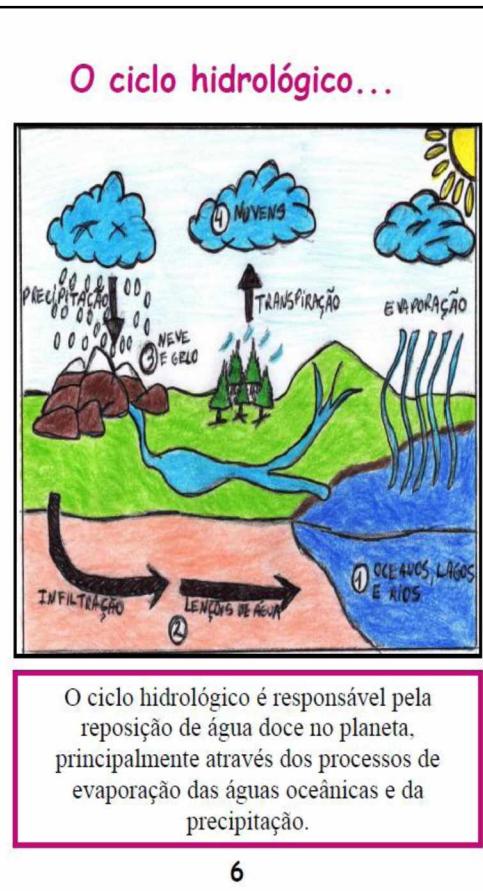
No Brasil, a maior utilização da água está centralizada na agricultura, principalmente na irrigação que ocupa 63% de toda a demanda. A água ao entrar em contato com o solo é responsável por solubilizar os nutrientes presentes e, assim, torná-los disponíveis para absorção pelas plantas.

Na produção de energia...



Atualmente, as hidrelétricas são responsáveis por 18% da energia produzida mundialmente. Em uma usina, a água passa por tubulações com muita força e velocidade, realizando o movimento das turbinas. Nesse processo, ocorre a transformação da energia potencial da água em energia mecânica (movimento das turbinas). Já o gerador que está conectado às turbinas é responsável por transformar a energia mecânica em energia elétrica.

3 4



Escassez hídrica mundial

?

?

?

?

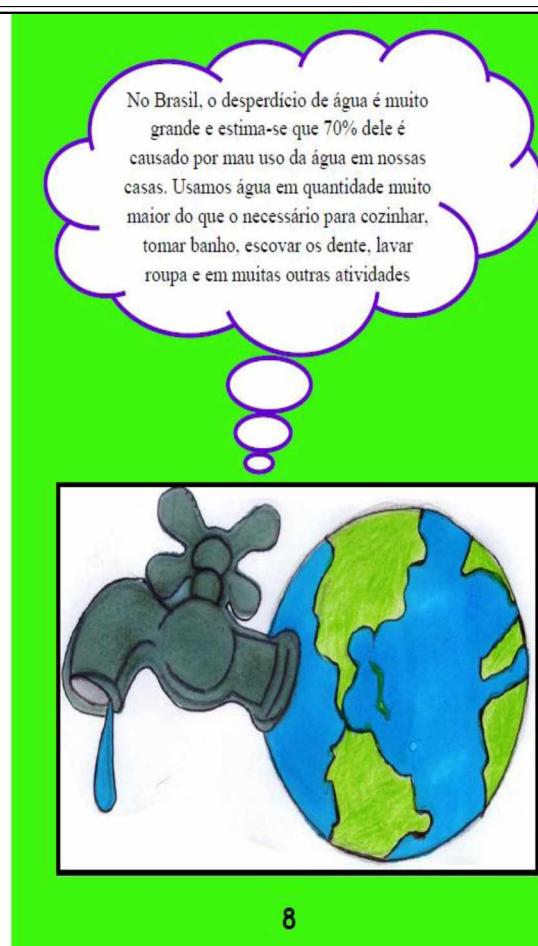
?

O Planeta Terra tem sua superfície composta por 70% de água, a maior parte desse montante (97% do total) é formada por oceanos e mares, sendo imprópria para consumo humano. Dos 3% restantes, 69,8% encontram-se em geleiras, 29% em aquíferos (alguns sem fácil acesso), 0,9% em outras composições e apenas 0,3% em rios e lagos.

Toda essa água seria suficiente para atender a necessidade de todas as pessoas, todavia, a escassez é um problema mundial. A Organização das Nações Unidas alertou que 783 milhões de pessoas no mundo não têm acesso à água potável e quase 2,5 bilhões não têm acesso a saneamento básico o que aumenta o risco de transmissão de doenças.

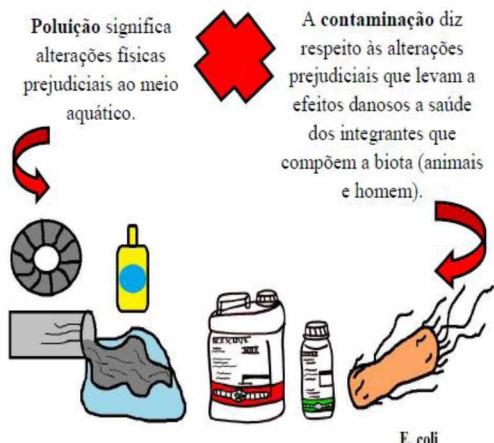
Dentre os principais fatores que causam a escassez hídrica podemos destacar a poluição e degradação de rios e mananciais tornando a água imprópria para uso humano, poluição ou erosão dos solos afeta a qualidade da água das reservas subterrâneas, e o consumo crescente decorrente do crescimento populacional, aumento do número de indústrias, elevação do consumo de produtos que utilizam muita água na sua produção, e principalmente, o desperdício.

7



Contaminação e Poluição da água

Poluição significa alterações físicas prejudiciais ao meio aquático.



É comum associarmos a água suja a doenças, não é mesmo? Entretanto, devemos estar atentos a duas definições básicas: água poluída e a contaminada. Apesar de serem usados muitas vezes como sinônimos, esses dois conceitos possuem diferenças.

9

Quais são as consequências?

Água contaminada e/ou poluída causam doenças devido a sua má qualidade...



Também pode causar redução significativa de água potável disponível no Planeta Terra...

Qual a possível solução?

Investimentos em saneamento básico de qualidade

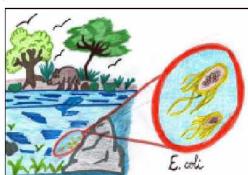
Criação de Políticas Públicas voltadas para o saneamento

Práticas de conscientização da população

10

Formas de contaminação

Mesmo sendo fonte de vida, a água é responsável pela transmissão de uma série de doenças de forma direta ou indireta. Isso significa que não é só tomando água que as doenças são transmitidas. As formas de transmissão de doenças por meio da água são:



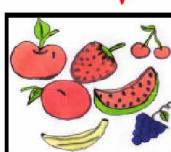
Água contaminada



Água poluída



Ingestão de água contaminada



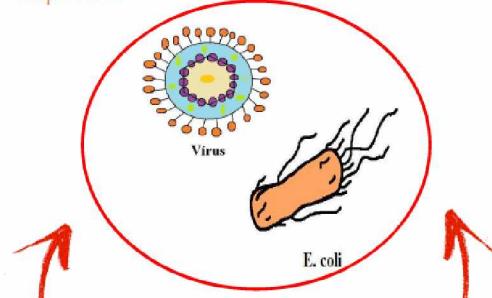
Alimentos contaminados pela água



Tomar banho em rios contaminados

A água serve de veículo para transmissão de algumas doenças. As doenças transmitidas pela água são denominadas doenças de veiculação hídrica. De maneira geral, os microorganismos (como as bactérias, os protistas, os vírus, etc.) presentes na água podem:

Se proliferar nas águas de superfície
Ter sido trazidos pelas enxurradas e enchentes.



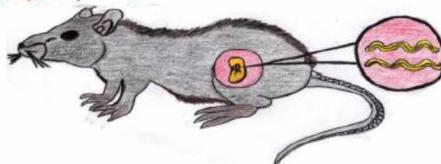
Vir de esgotos domésticos e/ou de resíduos orgânicos, que atingiram a água de alguma forma.
Ter sido conduzidos pelas chuvas na lavagem da atmosfera.

11

12

Doenças associadas à água

Leptospirose



A leptospirose é uma **doença bacteriana**, que afeta humanos e animais, causada pela bactéria do gênero *Leptospira*. É transmitida pela água e alimentos contaminados pela urina de animais, principalmente o **rato**. É uma doença muito comum depois de enchentes, pois as pessoas andam sem proteção em águas contaminadas.

Em humanos a leptospirose causa uma vasta gama de sintomas, sendo que algumas pessoas infectadas podem não ter sintoma algum. Os sintomas da leptospirose incluem febre alta, dor de cabeça forte, calafrio, dor muscular e vômito. A doença também pode causar os seguintes sintomas: olhos e pele amarelada, olhos vermelhos, dor abdominal, diarreia e erupções na pele. Se a leptospirose não for tratada, o paciente pode sofrer danos nos rins, meningite (inflamação na membrana ao redor do cérebro e cordão espinal), falha nos rins e problemas respiratórios. Em raras ocasiões a leptospirose pode ser fatal. Muitos desses sintomas podem ser confundidos com outras doenças, de modo que a leptospirose é confirmada através de testes laboratoriais de sangue ou urina.

13

Esquistossomose

Conhecida como Xistosa ou doença do caramujo. Ela é provocada por um verme chamado esquistossomo. Os vermes vivem nas veias do intestino e podem provocar diarreia, emagrecimento, dores na barriga, que aumenta muito de volume (barriga-d'água), e problemas em vários órgãos do corpo. Os ovos do esquistossomo saem junto com as fezes da pessoa contaminada. Se não houver fossa ou rede de esgotos, eles podem chegar à água doce. Na água, os ovos dão origem a pequenas larvas chamadas miracidios. As larvas penetram em um tipo de caramujo chamado planorbídeo. No interior do caramujo, elas se reproduzem e se transformam em outras larvas, as cercárias, que saem do caramujo e ficam nadando livres na água.

A cercária pode penetrar, através da pele, nas pessoas que usam a água contaminada para tomar banho, lavar roupa, trabalhar, pescar ou outras atividades.

É preciso também combater o caramujo que transmite a esquistossomose com produtos químicos e com a criação de peixes que se alimentam do caramujo, como a tilápia, o tambaqui e o piau. Esses peixes podem ser consumidos pelas pessoas sem risco de contaminação.



14

Água, mosquitos e doenças!

Muitos mosquitos põem ovos na água parada. Dos ovos saem larvas, que depois se tornam mosquitos adultos. Uma forma de combater as doenças transmitidas por mosquitos é justamente evitar o acúmulo de água parada em vasos de plantas, latas vazias, pneus velhos, garrafas, etc. Caixas-d'água, tanques e outros reservatórios devem ficar sempre tampados.

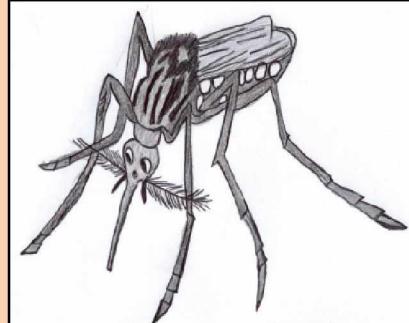
É uma vírose transmitida por um tipo de mosquito (*Aedes aegypti*) que pica apenas durante o dia, ao contrário do mosquito comum (*Culex*), que pica de noite. A infecção pode ser causada por qualquer um dos quatro tipos (1, 2, 3 e 4) do vírus da dengue, que produzem as mesmas manifestações. Em geral, o início é subito com febre alta, dor de cabeça e muita dor no corpo. É comum a sensação de intenso cansaço, a falta de apetite e, por vezes, náuseas e vômitos. Podem aparecer manchas vermelhas na pele, parecidas com as do sarampo ou da rubéola, e prurido (coceira) no corpo. Pode ocorrer, às vezes, algum tipo de sangramento (em geral no nariz ou nas gengivas). A dengue não é transmitida diretamente

Dengue...



15

Febre amarela...

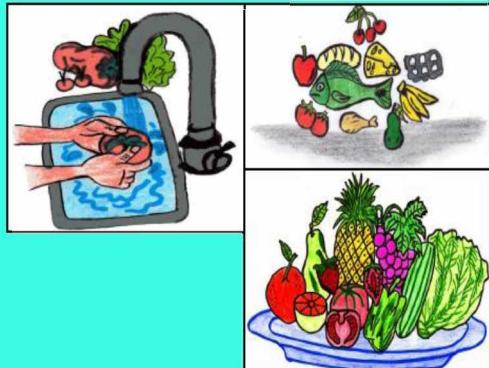


A febre amarela é uma doença infecciosa causada por um *flavivírus* (o vírus da febre amarela), para a qual está disponível uma vacina altamente eficaz. A doença é transmitida por mosquitos e ocorre exclusivamente na América Central, na América do Sul e na África. No Brasil, a febre amarela é geralmente adquirida quando uma pessoa não vacinada entra em áreas de transmissão silvestre (regiões de cerrado, florestas). Uma pessoa não transmite febre amarela diretamente para outra. Para que isto ocorra, é necessário que o mosquito pique uma pessoa infectada e, após o vírus ter se multiplicado, pique um indivíduo que ainda não teve a doença e não tenha sido vacinado.

16

Como prevenir as doenças

Lavar os alimentos com água potável



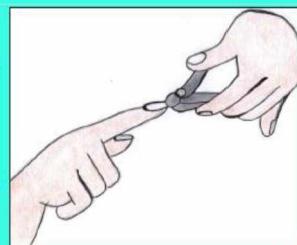
Lavar sempre as mãos



17

Como prevenir as doenças

Cortar as unhas
e mantê-las
limpas



Tomar banho e
consumir água limpa



Defecar em
locais
apropriados



18

De onde vem nossa água?

É muito fácil nós abrirmos as torneiras e nos deparamos com água potável, prontinha para o consumo. Mas até chegar às nossas casas, ela percorre um grande caminho. Muitas vezes é captada em rios, que ficam bem distantes da população, mas também podem ser captadas na zona saturada (zona cheia de água) do subsolo.

O poço artesiano, que é um poço perfurado com diâmetro pequeno, grande profundidade e onde a água jorra do solo naturalmente, facilita a captação da água existente no subsolo. Normalmente esta água não necessita de tratamento, pois durante o percurso no qual a água passa entre os poros do subsolo, das rochas e raízes dos vegetais, ocorre a exclusão de substâncias indesejáveis da água através de uma série de processos físico-químicos e bacteriológicos, tornando-a particularmente mais adequada ao consumo humano.

Vários núcleos populacionais no Brasil abastecem-se de água subterrânea de forma exclusiva ou complementar, constituindo o recurso mais importante de água doce. Indústrias, propriedades rurais, escolas, hospitais e outros estabelecimentos utilizam, com frequência, água de poços profundos.



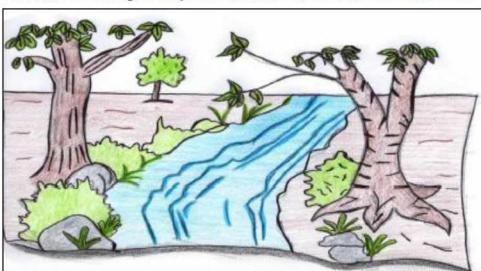
19

Água subterrânea X Água superficial

As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada (chuvas).



As águas superficiais captadas para o consumo, como as águas de rios e lagos, além de todo o percurso que fazem até chegar às nossas casas, ainda tem que passar por uma estação de tratamento, para assegurar que a água chegue limpa, cristalina, sem a presença de nenhum odor, vírus ou bactérias.



20

Formas de tratamento da água

A água destinada ao consumo humano deve preencher condições mínimas para que possa ser ingerida ou utilizada para fins higiênicos, o que se consegue através dos processos de uma estação de tratamento. Vejamos as **nove etapas** que acontecem no processo de tratamento da água:

CAPTAÇÃO

A água passa por um sistema de grades que impede a entrada de objetos grosseiros (animais, folhas, latas e etc.) no sistema de tratamento. Objetos mais finos como areia, são difíceis de serem retirados.

1

COAGULAÇÃO

Visa aglomerar esses objetos finos, aumentando o seu volume e peso, permitindo que a gravidade possa agir. Isso é feito, geralmente, através de agentes químicos, denominados Cal Hidratada (Hidróxido de Cálcio) e Sulfato de Alumínio, sendo água agitada rapidamente. Essas substâncias químicas fazem as partículas de sujeira juntar-se.

2

FLOCULAÇÃO

A água é agitada lentamente, para favorecer a união das partículas de sujeira, formando os flocos.

3

DECANTAÇÃO

A água não é mais agitada e os flocos vão se depositando no fundo, separando-se da água. A água mais limpa vai para o filtro de areia.

4

FILTRAÇÃO

A água já decantada passa por um filtro de cascalho/areia/antracito (carvão mineral), que vai se livrando dos flocos que não foram decantados na fase anterior e de alguns microrganismos.

5

21

22

CLORAÇÃO

A água filtrada está limpa, mas ainda pode conter microrganismos causadores de doenças. Por isso, ela recebe um produto que contém cloro, que mata os microrganismos. Na água, o cloro age de duas formas principais: como desinfetante, destruindo ou inativando os microrganismos patogênicos, algas e bactérias de vida livre; e como oxidante de compostos orgânicos e inorgânicos presentes.

6

FLUORETAÇÃO

Nas grandes cidades brasileiras a água tratada ainda recebe o flúor, que ajuda a prevenir a cárie dentária.

7

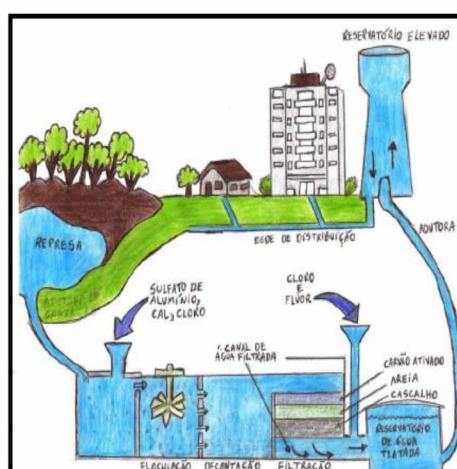
RESERVAÇÃO

A água tratada é armazenada em grandes reservatórios, antes da distribuição. Esses reservatórios sempre são instalados nos locais mais altos das cidades.

8

DISTRIBUIÇÃO

A água tratada é distribuída para as residências, comércio, escolas e indústria a partir dos reservatórios de água potável.



23

24

A reutilização da água

Atualmente, ainda há um gasto excessivo de água, por meio das indústrias e residências, onde após o uso esta é levada ao esgoto para depois ser devolvida aos corpos d'água e em muitas cidades é devolvida sem tratamento adequado, causando a poluição dos cursos d'água. Além disso, existe a utilização inadequada da água limpa, pois é desnecessário o uso desta para fins como descarga, limpeza doméstica e até mesmo irrigação de jardins. Dessa forma, torna-se importante o desenvolvimento de tecnologias e até mesmo realização de simples atitudes para reutilizar a água, seja em empresas ou no meio doméstico.

A água de reuso é aquela que não está potável, mas segura sanitariamente, sendo uma água que não será utilizada para o consumo humano. Como esse recurso hídrico é um bem natural que está cada vez mais raro e caro, reutilizá-lo é de fundamental importância para o meio ambiente e também para a economia das empresas, cidadãos e governos. De forma geral, essa água poderá ser utilizada para inúmeros fins, como geração de energia, refrigeração de equipamentos, em diversos processos industriais, lavagem de ruas e calçadas, irrigação de jardins, dentre outros fins não potáveis.

25

A reutilização da água



Pensar em maneiras de reutilizar a água é uma forma de controlar perdas e evitar futuros desperdícios, além de minimizar o consumo de água no Brasil. A água pode ser poupada com o reuso de efluentes (água com resíduos) tratados mantendo parâmetros de qualidade, os quais são estabelecidos pela legislação brasileira para diversos fins que não sejam o consumo direto pelo ser humano.

26

A reutilização da água

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelece os critérios gerais para a prática de reuso de água não potável. Sendo que as modalidades de reuso definidas pela CNRH são:

Reuso para fins urbanos...

Reuso na aquicultura...

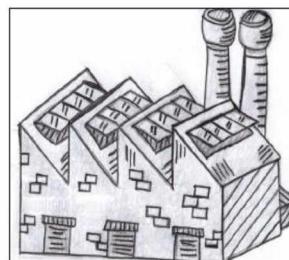
Reuso para fins agrícolas e florestais...

Reuso para fins ambientais...

Reuso para fins industriais...

27

Exemplos práticos de reuso



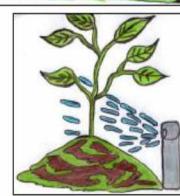
Tratamento da água da indústria para ser reutilizada no ciclo dos processos industriais.



Reuso da água para a criação de peixes.



Reuso da água para fins domésticos



Reuso da água para recuperação ambiental

28

Utilização da água da chuva

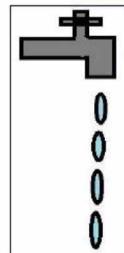
A água da chuva é um recurso natural podendo ser facilmente coletada para uso caseiro, reduzindo o valor da conta mensal que é paga à companhia de saneamento da cidade. Atualmente, grande parte da água de chuva vai parar na rede de esgoto das cidades, gerando um grande desperdício deste recurso. Esta água, se captada, pode ser utilizada para diversas finalidades. Já existem alguns prédios com estrutura capaz de fazer a captação e armazenagem deste tipo de água.



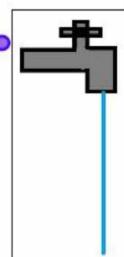
29

CURIOSIDADES

Verifique os vazamentos dentro de casa!



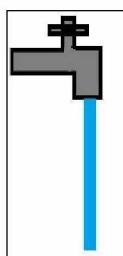
Torneira pingando: Gasto de 46 litros por dia! Isso é um suficiente para um banho demorado.



Um filete de 1 mm: Gasto de 1.200 litros por dia! Isso é um suficiente para uma família de 5 pessoas.

30

CURIOSIDADES



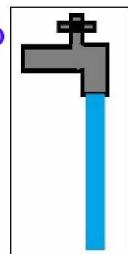
Um filete de 1,5 mm: Gasto de 2.800 litros por dia! Isso é suficiente para atender 6 doentes em hospital com serviços de lavanderia e cozinha.

No banho se molhe, feche o chuveiro, se ensaboe e depois abra para enxaguar. Não fique com o chuveiro aberto. O consumo cairá de 180 para 48 litros. Ao escovar os dentes, mantenha a torneira fechada e economize 20 litros de água. Não use a privada como lixeira, evite dar descarga à toa e economize até 10 litros de água.

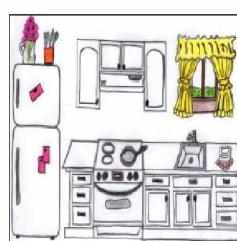
No banheiro...



Um filete de 3 mm: Gasto de 8.000 litros por dia! Isso é suficiente para atender uma escola inteira com 240 alunos.



Na cozinha...



Ensaboe a louça com torneira desligada, enxague tudo de uma só vez e economize 100 litros de água. Não jogue óleo de fritura pelo ralo da pia, porque polui os rios e dificulta o tratamento da água. Lave frutas e verduras dentro de uma bacia. Evite deixar a torneira ligada. Uma torneira aberta gasta de 12 a 20 litros/minuto.

31

32

CURIOSIDADES

Na área de serviço...



Use a máquina de lavar com a capacidade, uma lavadora de 5kg de roupa consome 135 litros de água a cada lavada. Reaproveite a água para lavar calçadas. No tanque, desligue a torneira enquanto esfrega e ensaboá a roupa. Deixe a roupa de molho para facilitar a remoção de sujeira e depois reaproveite a água para lavar carro, áreas e calçadas.

Para lavar o carro utilizando uma mangueira são necessários 600 litros de água em 30 minutos. Utilize um balde de 10 litros, para ensabear e enxaguar. Na limpeza de quintal e calçadas use vassoura: Se precisar utilizar a água que sai do enxague da máquina de lavar. Regue o jardim com regador, das 6hs às 8hs da manhã ou após às 19hrs. Isso evita o excesso de evaporação nos horários de sol forte.

No quintal...

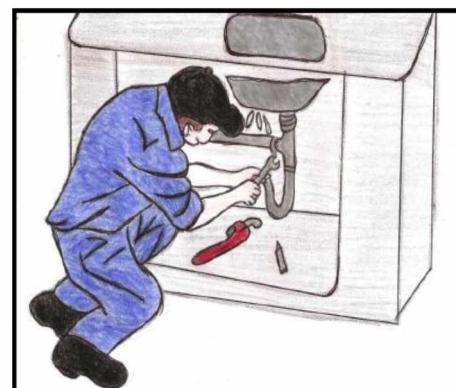


CURIOSIDADES

No geral...

Não deixe torneiras pingando. Uma torneira pingando, desperdiça 46 litros/dia. Isto significa 1.380 litros por mês. Feche bem as torneiras.

Conserte vazamentos, prefira bacias sanitárias com caixa e use arejadores nas torneiras. Estes equipamentos economizam entre 20% e 50% no consumo de água.



33

34

Autoria

Maraina S. Medeiros

Andressa C. S. Cabral

Edyane T. Padilha

Ingrid S. Pacheco

Layla G. Girotto

Sheila C. Canobre

Fábio A. do Amaral

Desenhos

Jacquelaine S. Medeiros

Agradecimentos



APQ-02249-14 e
APQ-03219-14



35

Referências

Alunos Online, UOL, O que causa a escassez hídrica?. Disponível em: <<http://alunosonline.uol.com.br/geo/grafico-que-causa-escassez-hidrica.html>>. Acesso em: 07 de julho de 2016.

Cartilha educativa: A água que você desperdiça pode fazer falta amanhã. Economize, Companhia Vale do Rio Doce. Disponível em: <<http://brasildaagua.com.br/wp-content/uploads/sites/4/2013/05/CARTILHA-AQUA-CVRD.pdf>>. Acesso em: 07 de julho de 2016.

Diferença entre água poluída e contaminada. Disponível em: <<http://alunosonline.uol.com.br/biologia/diferencia-entre-agua-poluida-contaminada.html>>. Acesso em: 06 de julho de 2016.

Agua contaminada: doenças transmitidas pela água. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/nasilam/doenças-transmitidas-pela-água-19765653>>. Acesso em: 06 de julho de 2016.

EBC, ONU alerta que 783 milhões não têm acesso à água no mundo. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2012/03/unicef-alerta-que-783-milhoes-nao-têm-acesso-agua-no-mundo>>. Acesso em: 07 de julho de 2016.

GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição especial, p. 31-40, 2001.

LEGAN, L. Soluções sustentáveis - uso da água na permacultura. Pirenópolis, GO: Mais Calango Editora, 2007.

LIBANIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Editora Atomo: Campinas, SP, 2010. 494 p.

SABESP. Perguntas Frequentes. <http://sitesabesp.com.br/site/faletconosco_faq.aspx?secacid=134&cid=2>. Acesso: 07 de julho de 2016.

SAMAE, Rio Negrinho- SC, 10 Dicas para economizar. Disponível em: <<http://www.samae.com.br/pagina/dicas&action=sama>>. Acesso em: 07 de julho de 2016.

Só Biologia. Disponível em: <<http://www.sobbiologia.com.br/conteudos/Aqua/Anual2.php>>. Acesso em: 06 de julho de 2016.

36