

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ANÁLISE, PLANEJAMENTO E**  
**GESTÃO AMBIENTAL**

**USO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS NO CONTROLE DA  
EVOLUÇÃO DE VOÇOROCA NO DOMÍNIO DO CERRADO**

**DENISE FIGUEIREDO BIULCHI**

**UBERLÂNDIA/MG**  
**2012**

**DENISE FIGUEIREDO BIULCHI**

***USO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS NO CONTROLE DA  
EVOLUÇÃO DE VOÇOROCA NO DOMÍNIO DO CERRADO***

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geografia.

**Área de Concentração: Geografia, Planejamento Ambiental e Erosão dos solos.**

**Orientador: Prof. Dr. Sílvio Carlos Rodrigues**

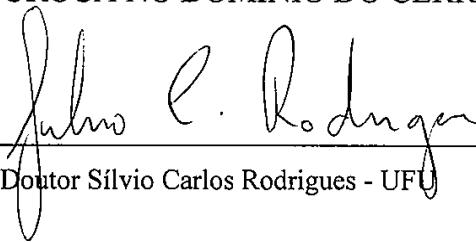
Uberlândia/MG  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

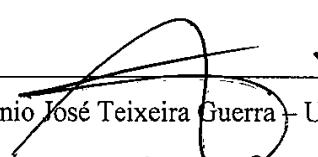
**Programa de Pós-Graduação em Geografia**

**DENISE FIGUEIREDO BIULCHI**

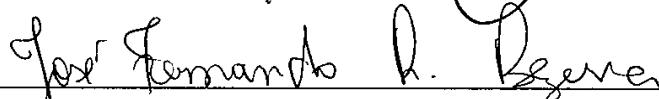
**“USO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS NO CONTROLE DA  
EVOLUÇÃO DE VOÇOROCAS NO DOMÍNIO DO CERRADO”.**



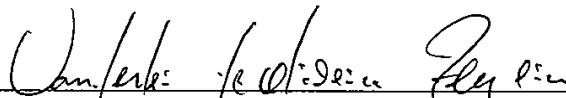
Prof. Doutor Sílvio Carlos Rodrigues - UFU

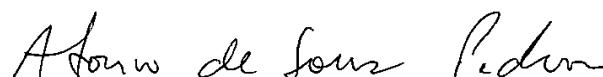
Prof. Doutor Antônio José Teixeira Guerra - UFRJ



Prof. Doutor José Fernando Rodrigues Bezerra – UEMA



Prof. Doutor Vanderlei de Oliveira Ferreira - UFU



Prof. Doutor Antônio de Souza Pedrosa – UFU

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ de \_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

B624u Biulchi, Denise Figueiredo, 1959-  
2012        Uso de leguminosas arbóreas no controle da evolução de voçoroca  
no domínio do cerrado / Denise Figueiredo Biulchi. -- 2012.  
              280 f.: il.

Orientadora: Sílvio Carlos Rodrigues.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia.  
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Geomorfologia - Teses. 3. Voçorocas – Teses. I.  
Rodrigues, Sílvio Carlos. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa  
de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

---

CDU: 910.1

**A todos que amo.**

Em especial ao meu esposo Paulo e aos meus filhos  
Douglas e Ana Paula.

A meus pais Janey e Alena.

Aos meus irmãos Denilde, Jackson, Jeibson, Janderson,  
Gerson, Rafael e Gabriel.

Pessoas que, com muita dedicação, serviram de  
sustentação e inspiração nos momentos difíceis, apoiando e  
compreendendo minha ausência de seu convívio nesta etapa de  
nossas vidas.

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiro a Deus por me ajudar a superar as dificuldades que surgiram neste período de estudo.

### **A minha família**

**Ao Paulo** que sempre me deu apoio e incentivo em todas as horas, amigo paciente e grande companheiro, com quem compartilho minha vida.

**Ao Douglas e a Ana Paula**, meus filhos e razão de minha existência, de quem recebi apoio e ajuda com as anotações e companhia em todas as fases da pesquisa de campo. Agradeço ainda a **Maria Regina** que também participou ajudando nas atividades de campo e fazendo companhia. Aos queridos **Janderson e Vanessa** que me acolheram em sua casa e me apoiaram nesta longa jornada.

Agradeço a todos os meus familiares que, de alguma forma, contribuíram para que esta meta fosse alcançada.

**Agradeço ao meu orientador Sílvio Carlos** pela sua orientação, paciência e compreensão nos períodos em que passei por dificuldades ao longo desta caminhada. Obrigada pela oportunidade e ajuda na conquista deste objetivo não só como orientador, mas como colega e grande amigo.

A todos os professores da Pós-Graduação com quem tive a oportunidade de conviver e enriquecer os meus conhecimentos.

Ao professor **Claudio Ricardo** do Instituto de Ciências Agrárias da UFU, por ceder os dados climáticos.

Aos professores que participaram da minha banca de qualificação, **Antônio Pedrosa e Vanderlei Ferreira** que contribuíram com suas sugestões para a melhoria deste trabalho.

Um muito obrigado ao Instituto de Geografia da UFU e aos colegas do LAGES **Malaquias e Rosângela**. O Malaquias, um amigo que não mediou esforços para me auxiliara nas análises de umidade.

Aos alunos de Graduação e Pós-Graduação que passaram pelo Laboratório neste período de trabalho e juntamente atuaram em pesquisas na Fazenda do Glória, contribuindo de alguma forma em nosso trabalho. Obrigada **Douglas, Juliana, Carlos Felipe, Fausto, Thallita, Ricardo, Pedrinho, Pedro Carignato, Eduardo Humberto, Camila e Renato** pelo companheirismo e ajuda. Agradeço ainda por ter conhecido e convivido com **Lisia, Jean, Paulinha, Lilian e Josimar**.

A Direção do IFTM Campus Uberaba e aos colegas Coordenadores pela compreensão neste período de estudo. A todos os colegas do Instituto que foram amigos verdadeiros.

À Embrapa Agrobiologia – RJ pela contribuição nas sementes das espécies exóticas e os inoculantes.

Agradeço ainda a todos os amigos que fizeram parte, em algum momento de minha vida, e que contribuíram de forma direta ou indireta para que este trabalho fosse concretizado.

**MUITO OBRIGADA!!!!**

## RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na estação experimental da Fazenda do Glória, em Uberlândia-MG. O objetivo foi avaliar o uso de formas alternativas, de baixo custo, para a recuperação de voçorocas com revegetação e barreiras vegetais. Voçoroca é o estágio mais avançado dos processos de erosão e a sua recuperação é um desafio, principalmente na condição de lençol aflorado. As pesquisas foram divididas em cinco ensaios objetivando: 1. Monitorar e determinar o percentual de umidade no solo dentro do canal. 2. Avaliar o comportamento da *Gliricidia sepium*, cultivada em dois ambientes: dentro de voçoroca com lençol aflorado e fora da voçoroca em condições de cerrado. 3. Avaliar o comportamento de *Gliricidia sepium*, plantada diretamente no campo a partir de estacas, dentro de uma voçoroca, tendo como variável o substrato. 4. Avaliar o estabelecimento de espécies arbóreas nativas (*Cytharexylum myrianthum*, *Erythrina mulungu*, *Crôton floribundus* e *Inga uruguensis*), no interior de uma voçoroca, em comparação com a espécie exótica (*Gliricidia sepium*). 5. Avaliar o monitoramento para barreiras estabelecidas com o uso da bioengenharia e *Gliricidia sepium*, o estabelecimento das mudas e a contribuição da barreira no período de uma estação chuvosa. Foram realizadas análises físico-químicas do solo dentro do canal e na área de cerrado. O acompanhamento das espécies foi realizado com avaliações fitométricas mensais (altura da planta, largura da copa e diâmetro do caule) e registros fotográficos. As pesquisas foram realizadas entre abril de 2009 e outubro de 2011, utilizando-se para análise estatística o programa SISVAR. Os dados foram submetidos à ANAVA (Proc. SISVAR), aplicando-se o teste de Scott-Knott às médias dos tratamentos. Foi possível observar que: o período das chuvas tem relação direta com o crescimento da voçoroca; a umidade no solo dentro do canal acompanha o regime das chuvas permanecendo alta mesmo após o período chuvoso; a água no solo é regulada pelos índices pluviométricos que regulam a água subsuperficial que exuda na área da pesquisa; a *Gliricidia sepium* mostra-se promissora para recuperação de voçorocas que apresentam índices de umidade no solo variando de 10% a 30% no decorrer do ano; a espécie apresentou boa capacidade de adaptação em área de Cerrado na região do Triângulo Mineiro; a *Gliricidia sepium*, produzida a partir de estacas, não apresentou diferença significativa no seu estabelecimento com relação ao substrato no interior da voçoroca; as espécies *Cytharexylum myrianthum* e *Croton floribundus* apresentaram médias de crescimento e sobrevivência muito baixas, não sendo indicadas neste estudo para plantio em voçoroca que apresenta lençol aflorado; as nativas *Inga uruguensis* e *Erythrina mulungu* responderam de forma positiva às condições ambientais da voçoroca apresentando alta taxa de sobrevivência; as barreiras mostraram-se eficientes na dissipação de energia e na contenção de sedimentos avaliados em uma estação chuvosa; um ano após a implantação, a *Gliricidia* apresentou 71,02 % de sobrevivência nas barreiras; o uso da *Gliricidia sepium* intercalada com bambu se apresentou como uma possibilidade viável de barreira viva para uso em voçoroca com lençol aflorado no primeiro ano de avaliação.

Palavras-chave: Voçoroca. Recuperação. Umidade. *Gliricidia sepium*. Bioengenharia. Barreiras vegetais.

## ABSTRACT

This study was conducted at the experimental station of ‘Fazenda do Glória’, Uberlândia-MG. The objective was to evaluate the use of alternative, low cost recovery of gullies with re-vegetation and plant barriers. Gully is the most advanced stage of erosion processes and its recovery is a challenge, especially in the condition of emerged water table. The surveys were divided into five aiming tests: 1. Monitoring and determining the percentage of soil humidity within the canal. 2. Evaluating the behavior of *Gliricidia sepium* growth in two environments: in a gully with emerged water table and off the gully in Cerrado. 3. Evaluating the performance of *Gliricidia sepium* planted directly in the field from cuttings, in a gully, having the substrate as variable. 4. Evaluating the establishment of native species (*Cytharexylum myrianthum*, *Erythrina mulungu*, *Inga floribundus* and *Croton uruguensis*) within a gully, in comparison with exotic species (*Gliricidia sepium*). 5. Monitoring the barriers established by bioengineering and *Gliricidia sepium*, the establishment of seedlings and the barrier contribution during a rainy season. Soil physico-chemical analyzes were carried out within the canal and the Cerrado. The species monitoring was carried out by monthly phytometric evaluations (plant height, crown width and stem diameter) and photographic records. The surveys were conducted between April 2009 and October 2011, using SISVAR program for statistical analysis. Data were submitted to ANAVA (Proc. SISVAR), applying Scott-Knott test to the treatment averages. It was observed that: the rainy season is directly related to the gully growth; soil humidity in the canal follows the rains, remaining high even after the rainy season; soil water is ruled by rainfall that regulates subsurface water flowing in the research area; *Gliricidia sepium* shows itself promising for recovery of gullies that have soil humidity levels ranging from 10% to 30% during the year; the species has presented good ability to adapt in the Cerrado area at the Triângulo Mineiro; *Gliricidia sepium* produced from cuttings has not presented significant difference on its growth regarding the substrate within the gully; *Cytharexylum myrianthum* and *Croton floribundus* have presented very low growth and survival averages, not being indicated for planting in gullies with emerged water table; the native *Inga uruguensis* and *Erythrina mulungu* responded positively to the gully environmental conditions with high survival rate; the barriers were effective in energy dissipation and containment of sediment assessed in a wet season; one year after implantation, *Gliricidia* showed 71.02% survival in the barriers; the use of *Gliricidia sepium* interspersed with bamboo is a viable possibility of living barrier for use in gullies with emerged water table in the first year evaluation.

Keywords: Gully. Recovery. Moisture. *Gliricidia sepium*. Bioengineering. Plant barriers.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Mapa de Localização da área de estudo .....	27
Figura 2 -	Localização da área de pesquisa .....	28
Figura 3 -	Visão geral da voçoroca indicando a área delimitada para o estudo.....	28
Figura 4 -	Localização da área de estudo no Município de Uberlândia .....	73
Figura 5 -	Imagen da voçoroca com destaque na área delimitada para o estudo .....	74
Figura 6 -	Mapa planialtimétrico da parcela utilizada no estudo , com área de 556,179 m <sup>2</sup> e altura máxima de 2,5 m .....	75
Figura 7 -	Imagen da área de contribuição da voçoroca, e sua evolução no período de 1979 a 2004 .....	78
Figura 8 -	Imagen do canal na baixa vertente .....	81
Figura 9 -	Área de afloramento basáltico .....	82
Figura 10 -	Ilustração dos locais de exsudação na área de estudo .....	84
Figura 11 -	Visão geral da vegetação na área do entorno da voçoroca .....	89
Figura 12 -	Fluxograma das etapas da metodologia abordada.....	93
Figura 13 -	Fluxograma da metodologia abordada nas atividades preliminares de campo .....	93
Figura 14 -	Visão geral da voçoroca em 10 de dezembro de 2009 mostrando o afloramento do lençol freático.....	95
Figura 15 -	Visão do ponto “2” na área mediana de coleta de solo para análise de umidade em 01 de dezembro de 2010 mostrando o afloramento do lençol freático .....	96
Figura 16 -	Visão do desenvolvimento da muda de <i>Gliricidia sepium</i> plantada dentro da voçoroca em 03 /set./2009 e 19/mar./2010.....	97
Figura 17 -	Visão do desenvolvimento da muda de <i>Gliricidia sepium</i> plantada na área de cerrado em 03 /set./2009 e 19/mar./2010.....	97
Figura 18 -	Visão do estabelecimento da estaca de <i>Gliricidia sepium</i> plantada direto no campo (dentro da voçoroca) com substrato composto de solo de cerrado.....	98

Figura 19 -	Visão do estabelecimento da estaca de <i>Gliricidia sepium</i> plantada direto no campo (dentro da voçoroca) com substrato do local.....	98
Figura 20 -	Imagen em 11/jun./1009 das espécies nativas produzidas por semente e plantadas no interior da voçoroca.....	99
Figura 21 -	Visão geral das barreiras para contenção de sedimentos em 01 de dezembro de 2010.....	100
Figura 22 -	Fluxograma dos procedimentos operacionais realizados no decorrer da pesquisa.....	102
Figura 23 -	Visão geral da voçoroca indicando a área delimitada para o estudo.....	103
Figura 24 -	Mapa planialtimétrico da parcela utilizada no estudo.....	103
Figura 25 -	<i>Gliricidia (Gliricidia sepium)</i> .....	111
Figura 26 -	<i>Inga (Inga uruguensis)</i> .....	116
Figura 27 -	<i>Mulungu (Erythrina mulungu)</i> .....	117
Figura 28 -	<i>Capixingui (Croton floribundus Spreng)</i> .....	118
Figura 29 -	<i>Pombeiro (Cytharexylum myrianthum)</i> .....	120
Figura 30 -	Imagen esquemática da localização dos pontos de umidade dentro do canal.....	123
Figura 31 -	Visão do ponto “1” de coleta de umidade na área 1, no início do canal.....	128
Figura 32 -	Localização do ponto “2” de coleta de umidade na área 2, parte mediana do canal.....	129
Figura 33 -	Localização do ponto “3” de coleta de umidade na área 3, a jusante.....	130
Figura 34 -	Gráfico da variação da temperatura e precipitação média mensal no Município de Uberlândia no período de 1975 a 2009.....	132
Figura 35 -	Valores totais anuais da precipitação dos últimos doze anos na área da pesquisa.....	133
Figura 36 -	Valores totais mensais da precipitação de janeiro de 2009 a dezembro de 2011 na área da pesquisa.....	135

Figura 37 -	Distribuição anual dos dias com chuva e da precipitação total mensal no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2011 na Fazenda do Glória.....	137
Figura 38 -	Evento chuvoso, com precipitação de 40,89 mm no dia 24 de dezembro de 2009, com imagens da região da foz da voçoroca.....	138
Figura 39-	Análise do teor de umidade no solo pelo método gravimétrico.....	140
Figura 40 -	Procedimientos de laboratorio para análise do teor de umidade no solo.....	141
Figura 41	Gráfico dos maiores índices mensais de umidade no solo, a vinte (20) cm de profundidade, nos pontos 1, 2 e 3 e índice de precipitação mensal no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.....	143
Figura 42	Gráfico dos maiores índices mensais de umidade no solo, a cinquenta (50) cm de profundidade, nos pontos 1, 2 e 3 e índice de precipitação mensal no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.....	143
Figura 43	Gráfico dos menores índices mensais de umidade no solo, a vinte (20) cm de profundidade, nos pontos 1, 2 e 3 e índice de precipitação mensal no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.....	144
Figura 44	Gráfico dos menores índices mensais de umidade no solo, a cinquenta (50) cm de profundidade, nos pontos 1, 2 e 3 e índice de precipitação mensal no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.....	144
Figura 45 -	Variação média da umidade no solo no ponto 1 a 20 e 50 cm de profundidade .....	146
Figura 46 -	Variação média da umidade no solo no ponto 2 a 20 e 50 cm de profundidade.....	146
Figura 47 -	Variação média da umidade no solo no ponto 3 a 20 e 50 cm de profundidade.....	147
Figura 48	Visão da área onde se localiza o ponto 3 de coleta de solo para avaliação de umidade , indicado com a seta amarela. O canal de escoamento de água nesta área pode ser observado à direita na imagem indicado com a seta azul.....	149
Figura 49 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade e precipitação de abril de 2009 a dezembro de 2011 no ponto “1” localizado no início do canal.....	150
Figura 50 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade e precipitação de abril de 2009 a dezembro de 2011 no ponto “2” localizado na parte mediana do canal.....	151

Figura 51 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade e precipitação de abril de 2009 a dezembro de 2011 no ponto “3” localizado a jusante.....	152
Figura 52-	Gráfico de variação média mensal de umidade no solo a 20 cm de profundidade nos pontos 1, 2 e 3 e da precipitação no período de abril de 2009 a dezembro de 2011 na área da pesquisa .....	155
Figura 53 -	Gráfico de variação média mensal de umidade no solo a 50 cm de profundidade nos pontos 1, 2 e 3 e da precipitação no período de abril de 2009 a dezembro de 2011 na área da pesquisa.....	156
Figura 54 -	Produção de mudas de <i>Gliricidia sepium</i> .....	165
Figura 55 -	Gráfico diário de chuvas durante 408 dias na área da pesquisa.....	168
Figura 56 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “1” localizado no início do canal.....	169
Figura 57 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “2” localizado na parte mediana do canal.....	169
Figura 58 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “3” localizado a jusante .....	170
Figura 59 -	Gráfico de variação média mensal de umidade do solo a 20 cm de profundidade de abril de 2009 a maio de 2010 dentro da voçoroca.....	171
Figura 60 -	Gráfico de variação média mensal de umidade do solo a 50 cm de profundidade de abril de 2009 a maio de 2010 dentro da voçoroca.....	171
Figura 61 -	Gráfico de crescimento da <i>Gliricidia sepium</i> em diâmetro de caule a 5 cm do nível do solo, nos tratamentos 1Gs V (plantada dentro da voçoroca) e 2Gs C (plantada na área de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.....	175
Figura 62 -	Gráfico de crescimento da <i>Gliricidia sepium</i> em altura nos tratamentos 1Gs V (plantada dentro da voçoroca) e 2Gs C (plantada na área de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.....	175
Figura 63 -	Gráfico de crescimento da <i>Gliricidia sepium</i> em diâmetro da copa nos tratamentos 1Gs V (plantada dentro da voçoroca) e 2Gs C (plantada na área de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.....	176

Figura 64 -	Estacas de <i>Gliricidia sepium</i> plantadas direto no campo.....	184
Figura 65 -	Gráfico mensal de chuvas de abril de 2009 a maio de 2010 na área da pesquisa.....	186
Figura 66 -	Gráfico de variação mensal da umidade no solo, a 20 cm de profundidade, de março de 2009 a maio de 2010 nos pontos: “1” - início do canal; “2” - parte mediana e “3” - a jusante.....	187
Figura 67 -	Gráfico de variação mensal da umidade no solo, a 50 cm de profundidade, de março de 2009 a maio de 2010 nos pontos: “1” - início do canal; “2” - parte mediana e “3” - a jusante.....	187
Figura 68 -	Gráfico de crescimento da <i>Gliricidia sepium</i> em altura nos tratamentos GED (estaca com substrato local) e GED Subs (estaca com substrato de solo de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.....	189
Figura 69 -	Gráfico de crescimento da <i>Gliricidia sepium</i> em diâmetro da copa nos tratamentos GED (estaca com substrato local) e GED Subs (estaca com substrato de solo de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.....	190
Figura 70 -	Visão do estabelecimento da muda de <i>Gliricidia sepium</i> produzida por estaca direto no campo no interior da voçoroca. A em 14 /maio/2009 e B em 19/mar./2010.....	192
Figura 71 -	Aporte de serrapilheira da <i>Gliricidia sepium</i> .....	193
Figura 72 -	Mudas de Ingá e Mulungu plantadas dentro da voçoroca.....	199
Figura 73 -	Mudas de Pombeiro e Capixingui plantadas dentro da voçoroca.....	200
Figura 74 -	Mudas de <i>Gliricidia</i> plantadas dentro da voçoroca.....	201
Figura 75 -	Figura esquemática das avaliações fitométricas.....	202
Figura 76 -	Gráfico das médias anuais de temperatura no período de 2004 a 2009.....	205
Figura 77 -	Gráfico mensal de precipitação na área da pesquisa no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010.....	206
Figura 78 -	Gráfico diário de chuvas durante 408 dias na área da pesquisa.....	207
Figura 79 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “1” localizado no início do canal.....	208

Figura 80 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “2” localizado na parte mediana do canal.....	208
Figura 81 -	Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “3” localizado a jusante.....	208
Figura 82 -	Desenvolvimento do Pombeiro ( <i>Cytharexylum myrianthum</i> ).....	211
Figura 83 -	Desenvolvimento do Mulungu ( <i>Erythrina mulungu</i> ).....	212
Figura 84 -	Desenvolvimento do Capixingui ( <i>Croton floribundus</i> ).....	214
Figura 85 -	Desenvolvimento do Ingá ( <i>Ingá uruguensis</i> ).....	215
Figura 86 -	Desenvolvimento da Gliricidia ( <i>Gliricidia sepium</i> ).....	216
Figura 87 -	Ataque de pulgões na gliricidia. As figuras A, B e C mostram a <i>Gliricidia sepium</i> com ataque de pulgões em 26/11/09.....	217
Figura 88 -	Estabelecimento de <i>Gliricidia sepium</i> dentro da voçoroca.....	218
Figura 89 -	Gráfico de crescimento médio em altura das espécies nativas: Pombeiro ( <i>Cytharexylum myrianthum</i> ), Mulungu ( <i>Erythrina mulungu</i> ), Capixingui ( <i>Croton floribundus</i> ) e Ingá ( <i>Ingá uruguensis</i> ) e uma espécie exótica: Gliricidia ( <i>Gliricidia sepium</i> ) no período de setembro/2009 a abril/2010.....	218
Figura 90 -	Gráfico de crescimento médio da copa das espécies nativas: Pombeiro ( <i>Cytharexylum myrianthum</i> ), Mulungu ( <i>Erythrina mulungu</i> ), Capixingui ( <i>Croton floribundus</i> ) e Ingá ( <i>Ingá uruguensis</i> ) e uma espécie exótica: Gliricidia ( <i>Gliricidia sepium</i> ) no período de setembro/2009 a abril/2010.....	219
Figura 91 -	Gráfico de crescimento médio do diâmetro do caule das espécies nativas: Pombeiro ( <i>Cytharexylum myrianthum</i> ), Mulungu ( <i>Erythrina mulungu</i> ), Capixingui ( <i>Croton floribundus</i> ) e Ingá ( <i>Ingá uruguensis</i> ) e uma espécie exótica: Gliricidia ( <i>Gliricidia sepium</i> ) no período de setembro/2009 a abril/2010.....	220
Figura 92 -	Distribuição esquemática das barreiras ao longo do canal.....	230
Figura 93 -	Visão geral das barreiras instaladas dentro do canal em novembro de 2010.....	231
Figura 94 -	Barreira I. A figura A mostra a barreira e sua área de abrangencia com atividade erosiva, a figura be a barreira vista jusante em novembro de 2010.....	232

Figura 95 -	Barreira II. Na figura A pode-se visualizar a barreira de montante e na figura B a jusante com os suportes de proteção e na figura C uma visão superior mostrando a distribuição das estacas de bambu e gliricidia em novembro de 2010.....	232
Figura 96 -	Barreira III. Figura A vista a montante e B visão dos sacos com terra colocados a jusante em novembro de 2010.....	233
Figura 97 -	Mostra a barreira IV em novembro de 2010.....	233
Figura 98 -	Barreira V. Visão da barreira a montante na figura A e a jusante na figura B em novembro de 2010.....	234
Figura 99 -	Vista superior da barreira I. Mostra a distribuição das peças de bambu, as estacas de gliricidia e a barra de bambu protetora em novembro de 2010.....	235
Figura 100 -	Instalação de réguas e vergalhões graduados para o monitoramento dos sedimentos em 01 de dezembro de 2010.....	236
Figura 101 -	Gráfico do total mensal de precipitação na área da pesquisa no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2011.....	240
Figura 102 -	Gráfico diário de chuvas de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 na área da pesquisa.....	241
Figura 103 -	Gráfico de variação semanal média de umidade no solo, dentro do canal (pontos 1,2 e 3), a 20 cm de profundidade em 2010 e 2011.....	242
Figura 104 -	Gráfico de variação semanal média de umidade no solo, dentro do canal (pontos 1,2 e 3), a 50 cm de profundidade em 2010 e 2011.....	242
Figura 105 -	Visão da barreira II mostrando o acúmulo de água a montante. Figura A visão geral e B água acumulada junto à barreira em dezembro de 2010.....	244
Figura 106 -	Visão da barreira III mostrando o acúmulo de água a montante. Figura A água acumulada junto à barreira e B visão geral em dezembro de 2010.....	244
Figura 107 -	Visão da barreira V mostrando o acúmulo de água a montante. Figuras A e B visão do solo alagado em dezembro de 2010.....	244
Figura 108 -	Visão da barreira I em 30 de dezembro de 2010. A figura A mostra a formação de processo erosivo no solo e a figura B a colocação de retalhos de bambu no local de erosão.....	245

Figura 109 -	Visão das barreiras III e V em fevereiro de 2011. A figura A mostra os procedimentos para facilitar a drenagem da água da barreira III (saco com cascalho e dreno) e a figura B mostra o dreno chegando à barreira V.....	246
Figura 110 -	Visão das barreiras em 07 de outubro de 2011. A figura A mostra a barreira II e a B a barreira III a jusante. Na figura C visão da barreira V a montante.....	247
Figura 111 -	Visão geral da área de pesquisa em 07 de outubro de 2011.....	247
Figura 112-	Croqui da área da pesquisa mostrando a distribuição espacial em vermelho, das réguas e barras graduadas nas cinco barreiras.....	249
Figura 113 -	Área a montante na barreira I mostrando a queda de blocos e torrões provenientes da margem direita do canal em março de 2011.....	251
Figura 114 -	Vista da barreira II em 29 de dezembro de 2010.....	252
Figura 115 -	Vista da barreira III em março de 2011 mostrando solapamento da margem esquerda, no ponto de inserção da barreira .....	253
Figura 116 -	Croqui da voçoroca, com demarcação da área para cálculo de sedimentos no pontilhado em preto (sem escala) e mostrando em vermelho os pontos de monitoramento de sedimentos.....	254
Figura 117 -	Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira I, em uma estação chuvosa, avaliado em 3 pontos.....	256
Figura 118 -	Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira I, em uma estação chuvosa, avaliado em 3 pontos.....	257
Figura 119 -	Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira III, em uma estação chuvosa, avaliado em quatro pontos.....	257
Figura 120 -	Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira IV, em uma estação chuvosa, avaliado em dois pontos.....	258
Figura 121 -	Imagen da barreira IV mostrando a evolução na deposição de sedimentos.....	258
Figura 122 -	Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira V, em uma estação chuvosa, avaliado em quatro pontos.....	259
Figura 123 -	Barreira V. Nesta imagem é possível observar que parte dos sedimentos está ficando retida após a evaporação e infiltração da água da chuva.....	259

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Algumas características físicas de horizontes/camadas expostos pelo voçorocamento dos canais erosivos (solo truncado) em área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG.....	91
Tabela 2	Características físicas do horizonte (Bw), expostos pelo voçorocamento na cabeceira da voçoroca principal na área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG.....	91
Tabela 3	Características físicas do horizonte (Bw), expostos pelo voçorocamento na cabeceira da voçoroca principal na área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG.....	91
Tabela 4	Distribuição mensal das chuvas de 2004 a 2011, destacando os meses em que a precipitação mensal ultrapassa a média mensal anual.....	134
Tabela 5	Distribuição da precipitação de 2009 a 2011, com o total de precipitação mensal, a precipitação máxima em 24 horas e a quantidade de dias com chuva no mês.....	136
Tabela 6	Resultados da análise da fertilidade do solo utilizado .....	173
Tabela 7	Crescimento das plantas de <i>Gliricidia sepium</i> nos tratamentos 1 (Gs V) e tratamento 2 (Gs C) em 17/09/2009 .....	173
Tabela 8	Resumo da análise de variância para a variável diâmetro da copa com dois tratamentos .....	177
Tabela 9	Resumo da análise de variância para a variável diâmetro do caule com dois tratamentos .....	177
Tabela 10	Resumo da análise de variância para a variável altura com dois tratamentos .....	177
Tabela 11	Avaliação das médias de altura, diâmetro da copa e diâmetro do caule com dois tratamentos .....	178
Tabela 12	Caracterização físico-química do solo de Cerrado .....	188
Tabela 13	Caracterização físico-química do solo no interior da voçoroca .....	188
Tabela 14	Resumo da análise de variância para a variável altura com dois tratamentos .....	190

Tabela 15	Resumo da análise de variância para a variável diâmetro da copa com dois tratamentos .....	191
Tabela 16	Avaliação das médias de altura e diâmetro da copa e com dois tratamentos .....	191
Tabela 17	Caracterização físico-química do solo no interior da voçoroca na área 1 a Montante .....	204
Tabela 18	Caracterização físico-química do solo no interior da voçoroca na área 2 mediana.....	204
Tabela 19	Caracterização físico-química do solo no interior da voçoroca na área 3 a jusante .....	204
Tabela 20	Caracterização física das amostras do solo no interior da voçoroca.....	205
Tabela 21	Resumo da análise de variância para a variável altura média para espécies nativas e gliricidia.....	221
Tabela 22	Resumo da análise de variância para a variável diâmetro médio da copa para espécies nativas e gliricidia.....	221
Tabela 23	Resumo da análise de variância para a variável diâmetro médio do caule para espécies nativas e gliricidia.....	222
Tabela 24	Avaliação das médias de altura, diâmetro da copa e diâmetro do caule para espécies nativas e gliricidia.....	222
Tabela 25	Caracterização físico-química do solo na área 1, no interior da voçoroca.....	239
Tabela 26	Caracterização físico-química do solo na área 2, no interior da voçoroca.....	239
Tabela 27	Caracterização físico-química do solo na área 3, no interior da voçoroca.....	239
Tabela 28	Caracterização física das amostras do solo no interior da voçoroca nas áreas 1,2 e 3.....	240
Tabela 29	Porcentagem de sobrevivência das estacas de <i>Gliricidia sepium</i> plantadas nas barreiras.....	247
Tabela 30	Quantidade de sedimento retido em cinco barreiras por ponto de avaliação.....	250
Tabela 31	Média de sedimentos retidos por barreira em 20 de junho após uma estação chuvosa.....	251

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANAVA - análise de variância

APP (s) - Área de preservação permanente

Bw - Horizonte B latossólico

C - Carbono

Ca - Cálcio

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica

DAP - Diâmetro a altura do Peito

DIC - Delineamento inteiramente casualizado

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FMAs - Fungos Micorrízicos Arbuvasculares

FTE BR 12 - Formulação Comercial de Micronutrientes (Possui 9 % Zn; 1,8 % Boro; 0,8 % Cu; 2% Mn; 3,5% Fe; 0,1% Mo)

GED - Gliricidia estaca direta

GED subs - Gliricidia estaca direta com substrato

Gs C - Gliricidia tratamento na área de Cerrado

Gs V - Gliricidia tratamento dentro da voçoroca

IEF - Instituto Estadual de Florestas

IEF - Instituto Estadual de Florestas

IFTM - Instituto Federal do Triângulo Mineiro

IG - Instituto de Geografia

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

K - Potássio

LAGES - Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos

MG - Minas Gerais

Mg - Magnésio

MO - matéria orgânica

N - nitrogênio

NPK - Nitrogênio, Fósforo e Potássio

P - fósforo

PET - Politemaleato de etileno

pH - potencial hidrogeniônico

PRNT - Poder Relativo de Neutralização Total

SFS - Super Fosfato Simples

SISVAR - Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos.

T. M. - Triângulo Mineiro

UFU - Universidade Federal de Uberlândia

# SUMÁRIO

	Pg.
Folha de Rosto .....	i
Folha de Aprovação .....	ii
Dados de Catalogação .....	iii
Dedicatória .....	iv
Agradecimentos .....	v
Resumo na Língua Vernácula .....	vii
Resumo na Língua Estrangeira .....	viii
Lista de Ilustrações .....	ix
Lista de Tabelas .....	xviii
Lista de Abreviaturas e Siglas .....	xxi
Sumário.....	xxiii
 1. <b>INTRODUÇÃO .....</b>	 25
1.1 <b>JUSTIFICATIVA .....</b>	32
1.2 <b>OBJETIVOS .....</b>	36
1.2.1 Objetivo Geral .....	36
1.2.2 Objetivos específicos .....	36
 2. <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA .....</b>	 38
2.1 Erosão .....	38
2.1.2 Papel dos principais fatores naturais na dinâmica dos processos erosivos.....	39
2.1.2.1 Chuva .....	39
2.1.2.2 Cobertura vegetal .....	41
2.1.2.3 Relevo, declive e comprimento de vertente.....	42
2.1.2.4 Solo .....	43
2.1.2.5 Interferência antrópica.....	44
2.1.3 Fases da Erosão Hídrica .....	46
2.1.4 Ravinas e Voçorocas .....	48
2.1.4.1 Ravinas .....	49
2.1.4.2 Voçorocas .....	49
2.1.4.2.1 Evolução das voçorocas ..	52
2.1.4.2.2 Controle de voçorocas .....	53
2.1.5 Estruturas para Controle e Estabilização da Erosão como Alternativas de Baixo Custo.....	55
2.2 Uso da engenharia biológica ou bioengenharia de solos na recuperação de áreas degradadas.....	56
2.2.1 Estruturas para a retenção de sedimentos .....	60
2.2.2 Escolha das espécies vegetais .....	62
2.3 Uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas .....	61

2.4	Formas de propagação de espécies vegetais .....	65
2.4.1	Propagação Sexuada .....	66
2.4.1.1	Semente .....	67
2.4.1.2	Germinação das sementes .....	67
2.4.1.3	Cuidados com a propagação sexuada .....	68
2.4.1.3.1	Semeadura.....	68
2.4.2	Propagação Assexuada ou Vegetativa .....	69
2.4.2.1	Estaqueia .....	70
3.	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	73
3.1	Contexto Geomorfológico Regional .....	75
3.1.1	Geomorfologia na área de estudo .....	77
3.2	Contexto Geológico Regional.....	79
3.2.1	Geologia na área de estudo .....	80
3.3	Clima .....	85
3.3.1	Chuva .....	85
3.4	Vegetação .....	86
3.4.1	Vegetação na área de estudo .....	88
3.5	Solos .....	90
3.5.1	Solos na área de estudo .....	90
4.	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	92
4.1	Revisão bibliográfica.....	92
4.2	Pesquisa de campo .....	93
4.2.1	Atividades Preliminares de Campo .....	93
4.2.2	As pesquisas de campo no decorrer do estudo .....	94
4.2.2.1	Ensaio 1 .....	95
4.2.2.2	Ensaio 2 .....	96
4.2.2.3	Ensaio 3 .....	97
4.2.2.4	Ensaio 4 .....	98
4.2.2.5	Ensaio 5 .....	100
4.3	Análises laboratoriais .....	101
4.4	Compactação e análise dos dados .....	101
5.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	103
5.1	Estudos prévios da voçoroca na fazenda do glória.....	103
5.1.1	Outras pesquisas realizadas na área de estudo .....	105
5.1.2	Revegetação do entorno da voçoroca .....	107
5.1.2.1	Alguns resultados da pesquisa .....	109
5.2	Espécies utilizadas na pesquisa.....	111
5.2.1	Espécie exótica - <i>Gliricidia (Gliricidia sepium)</i> .....	111
5.2.2	Espécies nativas .....	116
5.2.2.1	Ingá ( <i>Inga uruguensis</i> ) .....	116
5.2.2.2	Mulungu ( <i>Erythrina mulungu</i> ) .....	117
5.2.2.3	Capixingui ( <i>Croton floribundus Spreng.</i> ).....	118
5.2.2.4	Pombeiro ( <i>Cythereyllum myrianthum</i> ) .....	120
6.	<b>DESCRICAÇÃO DAS PESQUISAS DE CAMPO - RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	122

6.1	<b>DETERMINAÇÃO DO PERCENTUAL DE UMIDADE NO SOLO DENTRO DA VOÇOROCA .....</b>	123
	a) Dinâmica hidrológica .....	124
6.1.1	Material e métodos .....	126
6.1.1.1	Método gravimétrico .....	126
6.1.1.2	Material utilizado .....	127
6.1.2	Resultados e Discussão.....	131
6.1.2.1	Condições ambientais .....	131
6.1.2.2	Temperatura .....	131
6.1.2.3	Precipitação .....	132
6.1.2.3.1	Precipitação na área da pesquisa de 2009 a 2011 .....	134
6.1.3	Determinação da umidade no solo .....	140
6.1.3.1	Umidade do solo dentro do canal .....	142
6.1.3.1.1	Oscilação média de umidade no solo .....	145
6.1.3.1.2	Média de umidade no solo no período da pesquisa .....	153
6.1.4	Conclusões .....	158
6.1.4.1	Precipitação na área da pesquisa .....	158
6.1.4.2	Umidade no solo na área da pesquisa .....	159
6.2	<b>ESTABELECIMENTO DE <i>GLIRICIDIA SEPIUM</i> PLANTADA DENTRO DE VOÇOROCA ATIVA COM LENÇOL AFLORADO E EM ÁREA DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG.....</b>	161
6.2.1	Introdução .....	161
6.2.1.1	Uso de leguminosas para recuperação de áreas degradadas .....	162
6.2.1.2	Descrição e Características da <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) .....	163
6.2.2	Material e métodos .....	164
6.2.3	Resultados e discussão .....	168
6.2.3.1	Dados pluviométricos .....	168
6.2.3.2	Umidade do solo dentro do canal .....	169
6.2.3.2.1	Média de umidade do solo em 12 meses de abril de 2009 a março de 2010 .....	171
6.2.3.3	Estabelecimento e desenvolvimento da <i>Gliricidia sepium</i> .....	172
6.2.4	Conclusões .....	178
6.3	<b>ESTACAS DE <i>GLIRICIDIA SEPIUM</i>, PLANTADAS DIRETO NO CAMPO, EM VOÇOROCA ATIVA COM LENÇOL AFLORADO, NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG. ....</b>	180
6.3.1	Introdução .....	180
6.3.2	Referencial teórico.....	182
6.3.3	Material e métodos .....	183
6.3.4	Resultados e discussão .....	185
6.3.4.1	Dados pluviométricos .....	185
6.3.4.2	Umidade no solo dentro do canal .....	186
6.3.4.3	Substrato de plantio .....	187
6.3.4.4	Adubação .....	189
6.3.4.5	Estabelecimento e desenvolvimento da <i>Gliricidia sepium</i> .....	189
6.3.5	Conclusões .....	193

6.4	<b>ESTABELECIMENTO DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS (<i>CYTHAREXYLLUM MYRIANTHUM</i>, <i>ERYTHRINA MULUNGU</i>, <i>CRÓTON FLORIBUNDUS</i> E <i>INGÁ URUGUENSIS</i>) E UMA ESPÉCIE ARBÓREA EXÓTICA (<i>GLIRICIDIA SEPIUM</i>) DENTRO DE VOÇOROCA ATIVA QUE APRESENTA LENÇOL AFLORADO EM DETERMINADAS ÉPOCAS DO ANO.....</b>	195
6.4.1	Introdução .....	195
6.4.2	Material e métodos .....	197
6.4.2.1	A escolha das espécies.....	202
6.4.3	Resultados e discussão .....	204
6.4.3.1	Solos .....	204
6.4.3.2	Temperatura .....	205
6.4.3.3	Dados pluviométricos .....	205
6.4.3.4	Umidade no solo dentro do canal .....	207
6.4.3.4.1	Média de umidade do solo em 12 meses de abril de 2009 a março de 2010 .....	209
6.4.3.5	Estabelecimento e desenvolvimento das espécies.....	209
6.4.3.5.1	Comportamento das espécies .....	210
	a) Pombeiro ( <i>Cytharexyllum myrianthum</i> ) .....	210
	b) Mulungu ( <i>Erythrina mulungu</i> ) .....	212
	c) Capixingui ( <i>Croton floribundus</i> ) .....	213
	d) Ingá ( <i>Ingá uruguensis</i> ) .....	215
	e) Gliricidia ( <i>Gliricidia sepium</i> ).....	216
6.4.3.5.2	Acompanhamento do desenvolvimento das espécies .....	218
6.4.3.5.3	Análise de variância .....	220
6.4.4	Conclusões .....	225
6.5	<b>ESTABELECIMENTO DE BARREIRAS VIVAS PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS NO INTERIOR DA VOÇOROCA .....</b>	226
6.5.1	Introdução .....	226
6.5.2	Material e métodos .....	229
6.5.2.1	Instalação das barreiras .....	230
6.5.3	Resultados e discussão .....	238
6.5.3.1	Solo .....	238
6.5.3.2	Condições ambientais durante o experimento .....	240
6.5.3.2.1	Umidade no solo dentro do canal .....	241
6.5.3.3	Estabelecimento e desenvolvimento da gliricidíia plantada nas barreiras ....	243
6.5.3.4	Função das barreiras na retenção de sedimentos .....	248
6.5.3.5	Deposição de sedimentos .....	248
6.5.3.5.1	Evolução da taxa de sedimentos retidos por barreira.....	256
6.5.4	Conclusões .....	261
7.	<b>RESULTADOS GERAIS DA PESQUISA .....</b>	262
7.1	Considerações finais .....	265
8.	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	267

## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, aliado a crescente demanda por alimentos, a sociedade estabelecida, tem agido como que independente do mundo natural, destruindo os ecossistemas para a exploração agrícola e provocando grandes danos ambientais, entre eles a erosão dos solos (PONTING, 1995). O solo é um recurso natural com um mecanismo complexo que se modifica constantemente, podendo ser renovável, se conservado e usado devidamente (PRIMAVESI, 2002). De acordo com Hernani et al., (2002), as perdas anuais de solo em áreas de lavouras e pastagens no Brasil são na ordem de 822,7 milhões de toneladas. Destacam ainda que em estimativas feitas recentemente a erosão acarreta ao Brasil um prejuízo total de aproximadamente US\$ 4 bilhões por ano.

O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro que corresponde a 20% do território nacional também teve sua ocupação intensificada pela atividade agrícola em função do “desenvolvimento”. Segundo Baccaro (2010), o sistema geomorfológico do Cerrado apresenta uma grande complexidade no que se refere a sua estrutura e funcionamento e através da ação antrópica vem recebendo a entrada de novos e intensos fluxos de energia e matéria.

A ação antrópica com a retirada da vegetação nativa e a exploração agrícola de forma intensiva tem acarretado grandes impactos ambientais, principalmente relacionados à erosão dos solos. Nas regiões brasileiras de climas tropicais, em razão das características de distribuição e de intensidade das chuvas, estes processos erosivos podem chegar a seu grau

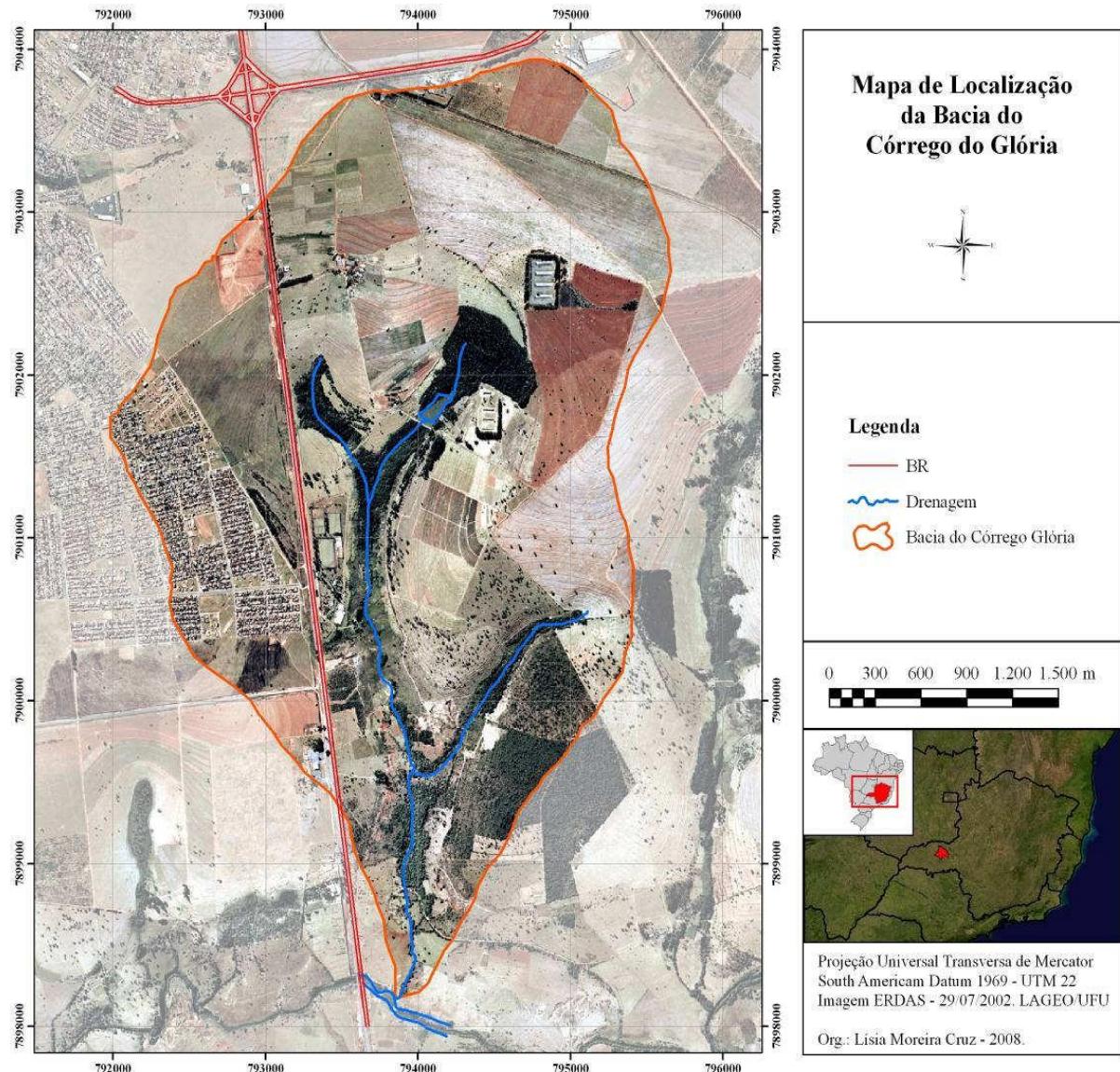
máximo, um dos quais é o voçorocamento, ou seja, formar grandes áreas erodidas que geram grandes impactos com relação quantidade de sedimentos carreados para os cursos d' água provocando o seu assoreamento.

Quando se trata de voçorocas, os custos para a recuperação destas áreas são muito elevados, o que gera uma postura de pouca importância, principalmente por pequenos proprietários rurais com relação aos problemas ambientais gerados por ela.

Guerra, (2003) destaca que toda a intervenção do homem sobre o relevo terrestre demanda a ocupação e a transformação da sua superfície e, de acordo com o tamanho desta intervenção, das práticas de conservação adotadas e dos riscos geomorfológicos envolvidos, os impactos ambientais por ela gerados poderão ocasionar grandes prejuízos aos meios físicos e ao próprio homem.

Este estudo teve por objetivo avaliar o uso de formas alternativas de controle de processos erosivos (voçorocas), utilizando leguminosas arbóreas e materiais de baixo custo.

A área de estudo localiza-se no Município de Uberlândia – MG, na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (Figura 1), mais precisamente na estação experimental da Fazenda do Glória, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), na Microbacia do Córrego do Glória, (Mapa 1), localizada nas seguintes coordenadas geográficas:  $18^{\circ}56'56''$  de latitude Sul e  $48^{\circ}12'21''$  de longitude Oeste de Greenwich.



Mapa 1 - Localização da área de estudo. Fonte: Pinese e Moreira (2008).

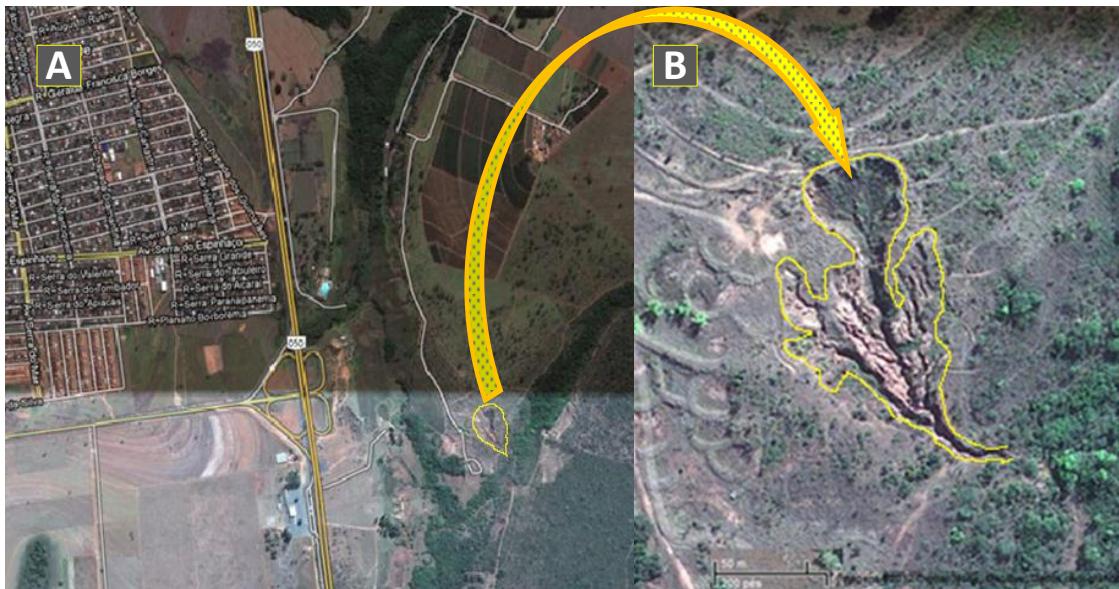


Figura 2. Localização da área de pesquisa. Fonte: Imagem Google Maps. Acesso em 11/03/2012. (Org.: Biulchi, 2012).

Esta área apresenta processo de erosão acelerada, onde no passado o desmatamento e a extração de cascalho expos o solo à ação direta da precipitação, que culminaram em uma voçoroca com aproximadamente 300 m de extensão, com 60 m de largura e 10 m de profundidade de dimensões máximas.

Parte da área, um canal que se encontra em estágio de evolução acentuado (Figura 3), foi delimitado para este estudo.



Figura 3. Visão geral da voçoroca indicando a área delimitada para o estudo. Fonte: Imagem Google Earth de 12/06/2010, com o acesso em 05/09/10. (Org.: Biulchi, 2010).

A erosão, em regiões tropicais, se dá através de dois agentes causadores mais comuns: a água (erosão hídrica) e o vento (erosão eólica). De acordo com Mafra, (1999 p. 301): “Erosão hídrica consiste basicamente numa série de transferências de energia e matéria geradas por um desequilíbrio do sistema água/ solo/ cobertura vegetal, as quais resultam numa perda de solo progressiva”. Bahia et al., (1992) destacam que a erosão causada pela ação da água é a que ocorre com maior frequência nas diversas regiões brasileiras e Guerra, (2003) a divide em duas fases: na primeira ocorre a remoção das partículas, podendo também formar crostas sob o solo e na segunda se dá o transporte superficial destas partículas. Assim, com a quebra do equilíbrio natural entre o solo e o ambiente, ou seja, a remoção da vegetação que no início expõe o solo às formas menos perceptíveis de erosão, com o passar do tempo acabam culminando nas voçorocas que são as formas mais avançadas do processo erosivo, onde os sulcos atingem grandes proporções, expondo as partes mais profundas do solo.

Em climas tropicais sazonais, onde os totais pluviométricos são mais elevados e as chuvas concentram-se em determinadas estações do ano, a erosão é mais agravada. A aceleração do processo inicia com a retirada da vegetação nativa, consequentemente as chuvas passam a incidir diretamente no solo desnudo provocando a ruptura dos agregados. Na sequência vem a formação de crostas que impedem a infiltração da água no solo e dá-se o início do processo de transporte das partículas. A erosão que começa superficial chega a extremos processos de voçorocamento causando graves consequências em termos de perda de área utilizável, transporte de sedimentos pelas águas da chuva e o assoreamento de rios, barragens e represas (GUERRA, 2010).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de formas alternativas, de baixo custo, para a recuperação de voçorocas com revegetação e barreiras vegetais, onde a pesquisa foi dividida em cinco ensaios no campo. Assim, na apresentação desta tese estes ensaios estão

formatados individualmente no capítulo seis. A presente tese foi estruturada em oito capítulos descritos sucintamente a seguir:

O primeiro capítulo apresenta a introdução, justificativa e objetivos gerais e específicos da pesquisa. O capítulo dois apresenta a fundamentação teórico-metodológica sobre Erosão: papel dos principais fatores naturais na dinâmica dos processos erosivos, fases da erosão hídrica, ravinas e voçorocas, estruturas para controle e estabilização da erosão; Uso da engenharia biológica ou bioengenharia de solos na recuperação de áreas degradadas; Uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas e formas de propagação de espécies vegetais.

O capítulo três apresenta a caracterização da área de estudo nos contextos: Geomorfológico, Geológico, Climático, de Vegetação e Solos. No capítulo quatro é apresentada a metodologia Geral da pesquisa. No capítulo cinco, resultados e discussões com apresentação de estudos prévios desenvolvidos na fazenda do Glória e a caracterização das espécies utilizadas na pesquisa (*Gliricidia sepium*, *Inga uruguensis*, *Erythrina mulungu*, *Croton floribundus* e *Cytharexylum myrianthum*).

O capítulo seis apresenta a descrição das pesquisas de campo composta por cinco ensaios: 1 - Determinação do percentual de umidade no solo dentro da voçoroca; 2 - Estabelecimento de *Gliricidia sepium* plantada dentro de voçoroca ativa com lençol aflorado e em área de Cerrado; 3 - Estacas de *Gliricidia sepium*, plantadas direto no campo, em voçoroca ativa com lençol aflorado, tendo como variável o substrato; 4 - Estabelecimento de quatro espécies arbóreas nativas (*Cytharexylum myrianthum*, *Erythrina mulungu*, *Croton floribundus* e *Inga uruguensis*) e uma espécie arbórea exótica (*Gliricidia sepium*) dentro de voçoroca ativa que apresenta lençol aflorado em determinadas épocas do ano; e 5 - Estabelecimento de barreiras vivas para contenção de sedimentos no interior da voçoroca utilizando estacas de *Gliricidia sepium* intercaladas com bambu.

Cada ensaio se apresenta na forma de artigo com: Introdução; Material e métodos; Resultados e discussão e Conclusões, onde alguns dados são repetidos nos ensaios, pois se optou por apresentar as pesquisas individuais, de forma a facilitar a leitura e compreensão de cada pesquisa individualmente.

No capítulo sete são apresentados os resultados gerais da pesquisa e as considerações finais. Por fim no capítulo oito são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas no decorrer das pesquisas para a composição desta tese.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A região do Triângulo Mineiro se apresenta como umas das áreas mais críticas quanto à incidência de processos erosivos acelerados apresentando o maior índice de voçorocas entre as regiões brasileiras. Os processos erosivos desencadeados pela chuva ocorrem em todo o planeta, no entanto, em regiões tropicais onde os índices pluviométricos são mais elevados e muitas vezes concentrados, a sua intensidade é maior provocando a aceleração no processo erosivo (GUERRA, 2010). A voçoroca é o estágio mais avançado da erosão hídrica em solos, podendo ocorrer de forma natural ou pela ação do homem que pode acelerar o seu processo. Guerra, (2003 p. 200) destaca que “a erosão dos solos é um processo geomorfológico natural que ocorre em muitos tipos de terreno. Em superfícies com gramíneas ou matas a erosão ocorre de forma lenta e parece estar balanceada com a formação do solo”.

Com a ocupação das terras agricultáveis do Cerrado surgiram impactos ambientais como a retirada da cobertura vegetal nativa e sua substituição por culturas anuais ou pastagens, onde o manejo inadequado associado às características ambientais levou ao surgimento de processos erosivos nas mais variadas escalas. Quando ocorre a interferência no equilíbrio natural, através da remoção da cobertura vegetal, com o uso e manejo inadequado das atividades agrícolas, urbanização, mineração entre outras atividades econômicas ela se torna acelerada. As voçorocas são mais comuns onde o material subjacente for mecanicamente fraco ou inconsolidado tais como: solos profundos formados sobre *loess*; solos de origem vulcânica; aluviões; colúvios, cascalho; areias consolidadas e detritos resultantes de movimento de massa (GUERRA, 2003).

A presença de voçorocas na área rural induz a perdas econômicas como: a desvalorização do imóvel, a impossibilidade de uso da terra e a perda do solo, além dos problemas ambientais como assoreamento de rios e lagos, sendo que a maior dificuldade para a recuperação de voçorocas em áreas rurais se dá com a agricultura familiar e com pequenos proprietários que possuem pouco ou nenhum recurso disponível para ser empregado na sua recuperação. Rezende et. al., (2011) levantaram os custos para a recuperação de voçoroca com a reposição de todo o solo perdido, durante as fases do processo erosivo, restabelecendo a sua topografia original. O valor unitário levantado pelos autores no município de Mineiros-GO é de R\$ 13,51 por m<sup>3</sup> de terra colocada no local. Como exemplo citam uma voçoroca com área de 5.000m<sup>2</sup> e com perda de solo de aproximadamente 24.000m<sup>3</sup>, cujo valor para sua recuperação seria de R\$ 324.240,00 um custo que para pequenos produtores rurais é considerado elevado.

Ao se pensar em práticas conservacionistas e técnicas alternativas para a contenção de ravinas e voçorocas, há necessidade de se levar em consideração as especificidades regionais e locais, onde os indicadores geomorfológicos são imprescindíveis para se estabelecer os limites de equilíbrio dinâmico nas diferentes escalas espaço-temporal e, é fundamental que se leve em conta a complexidade destas áreas sob os aspectos geológico, geomorfológico, pedológico, biogeográfico e antrópico (BACCARO, 2010).

A área em questão já é base de outras pesquisas através da Universidade Federal de Uberlândia e a voçoroca nela instalada apresenta um grande desafio na busca de técnicas de baixo custo que auxiliem na sua estabilização.

A recuperação de áreas degradadas com o uso de ações corretivas tem como objetivo restabelecer um equilíbrio nestas áreas e possibilitar em longo prazo, que espécies vegetais do entorno possam se estabelecer. Neste contexto o uso de espécies leguminosas arbóreas para a sua revegetação pode ser uma alternativa para a recuperação destes solos. A EMBRAPA,

através do Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, vem desenvolvendo tecnologias objetivando a revegetação de áreas degradadas, empregando leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas, que por serem autossuficientes em nitrogênio e com alta capacidade de reter a água, apresentam maior tolerância aos estresses do substrato. Pesquisas ainda demonstram que o uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas tem dado bons resultados e comprovam a capacidade que as plantas leguminosas têm de se associar as bactérias fixadoras de nitrogênio, o que as possibilita de se desenvolverem na escassez deste elemento. O nitrogênio (N) é o elemento de maior demanda das plantas e as leguminosas através da simbiose com algumas bactérias tem a possibilidade de absorver este elemento do ar. Outra associação importante é com os fungos micorrízicos que auxiliam as plantas na absorção de água e nutrientes, principalmente o fósforo (P) que é um elemento de baixa mobilidade nos solos tropicais. No Brasil, estimam a existência de cerca de 3000 espécies distribuídas em todo o território.

A preocupação maior no combate a erosão, em zonas tropicais, é com relação ao combate do deflúvio da água e não são tomadas providências para o aumento da sua infiltração. Além do mais, a combinação de processos erosivos: erosão laminar, ravinamento e voçorocamento provocam um rebaixamento na superfície do terreno, e como consequência a perda de matéria orgânica e elementos minerais do solo, tornando-os degradados (GUERRA, 2003). O uso de estruturas para o controle da erosão dentro do canal é defendida por vários autores (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; ANDRADE et al., 2005; MACHADO et al., 2006; CAPECHE et al., 2008; COUTO et al., 2010), estas barreiras, além de diminuir a velocidade da enxurrada atuam também na contenção de sedimentos e na redução do gradiente do canal.

O uso da Bioengenharia pode ser uma eficiente ferramenta para auxiliar no controle dos processos erosivos dentro do canal e a escolha do material vegetal (vivo) é de

fundamental importância. Para Navarro, (2008) a bioengenharia pode vir a ser mais eficaz que a engenharia convencional, principalmente se tratando de materiais de baixo custo, pois estes com o tempo tendem a deterioração e a vegetação tende a crescer e se estabelecer mais forte com o passar do tempo.

Assim, outra importante contribuição do uso de plantas leguminosas é o auxílio na reabilitação de solos degradados, proporcionando uma maior infiltração da água e através da deposição de suas folhas e galhos senescentes, podendo vir a melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente se tratando de voçorocas onde a perda de solo é muito grande deixando exposto o subsolo.

Estudos reportados por autores como Botelho e Guerra, (2003) demonstram que a Mesorregião do Triângulo Mineiro, como um todo, possui elevados índices de erodibilidade com processos erosivos acelerados, estando na lista das regiões brasileiras com maior índice de voçorocas.

É neste contexto que se justifica e execução deste trabalho que teve como objetivo avaliar o uso de medida física de baixo custo como alternativa na contenção interna de sedimentos em voçoroca de Uberlândia-MG.

## 1.2 OBJETIVOS

Neste contexto, este estudo está buscando formas alternativas de baixo custo, porém de longo prazo, para a recuperação de voçorocas através da revegetação e introdução de barreiras vegetais.

A hipótese a ser testada é que podem ser utilizadas leguminosas arbóreas no controle de processos erosivos como barreira viva, auxiliando na estabilização do processo e na recuperação do solo.

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso de formas alternativas de controle de voçorocas, utilizando leguminosas arbóreas e materiais de baixo custo, a partir de uma experimentação de campo na estação experimental da Fazenda do Glória, Município de Uberlândia.

### 1.2.2 Objetivos específicos:

- a) Monitorar e determinar o percentual de umidade no solo, dentro do canal, no decorrer do experimento;
- b) Avaliar o estabelecimento da *Gliricidia sepium*, produzida por sementes, dentro e fora da voçoroca, tendo como variável substrato e umidade;
- c) Definir o melhor tipo de propagação da *Gliricidia sepium*, para estabelecimento dentro de voçoroca com lençol aflorado em determinado período do ano;

- d) Avaliar o estabelecimento de leguminosas arbóreas no interior de uma voçoroca ativa, que apresenta lençol aflorado, utilizando diferentes substratos e formas de propagação;
- e) Avaliar o estabelecimento de espécies arbóreas nativas no interior de uma voçoroca ativa, que apresenta lençol aflorado;
- f) Avaliar o estabelecimento de *Gliricidia sepium* em relação às plantas arbóreas nativas adaptadas a solos úmidos;
- g) Implantar um monitoramento para barreiras estabelecidas com o uso da bioengenharia e *Gliricidia sepium* para retenção de sedimentos e avaliar o estabelecimento destas mudas;
- h) Avaliar o monitoramento para barreiras estabelecidas com o uso da bioengenharia e *Gliricidia sepium* e avaliar o estabelecimento destas mudas;
- i) Avaliar a contribuição das barreiras para a contenção de sedimentos no período de uma estação chuvosa.
- j) Avaliar o estabelecimento inicial de cinco espécies arbóreas (gliricidia, capixingui, pombeiro, mulungu e ingá) na região do Triângulo Mineiro (T.M.) para uso em recuperação de áreas degradadas;
- k) Formar um banco de dados e disponibilizar as informações coletadas através de artigos e participação em congressos;

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

Os objetivos desta pesquisa estão relacionados ao uso de formas alternativas de controle aos processos erosivos, com a utilização de espécies vegetais arbóreas, buscando avaliar o estabelecimento destas espécies, a melhor forma de propagação e o monitoramento de barreira natural para o controle de sedimentos. Para tanto, é necessária uma boa base teórico-metodológica no que diz respeito à formação dos processos erosivos, o transporte de sedimentos e os impactos ambientais; o uso de estruturas para a retenção de sedimentos com base nas técnicas da bioengenharia e a escolha das espécies vegetais, suas características e formas de propagação na recuperação de áreas degradadas.

### 2.1 EROSÃO

A erosão é um processo natural que ocorre de forma lenta e contínua no desenvolvimento da paisagem, porém com a interferência do homem esse processo pode passar a ser mais acelerado e intenso.

Camapum de Carvalho et al., (2006 p. 42) destacam que:

O termo erosão provém do latim (*erodere*) e significa “corroer”. Nos estudos ligados às Ciências da Terra o termo é aplicado aos processos de desgaste da superfície terrestre (solo ou rocha) pela ação da água, do vento do gelo e de organismos vivos (plantas e animais) além da ação do homem.

É o processo de desgaste e degradação dos solos que se caracteriza pela desagregação das partículas através da ação dos agentes erosivos. A água é o principal agente erosivo em ambiente tropical e tem sua ação intensificada quando não ocorre à infiltração no solo (PRIMAVESI, 2002; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; BAHIA et al., 1992).

Fugihara, (2002) destaca que os fatores erosivos mais importantes, com maior influência nos processos de erosão incluem condições naturais: climáticas, hidrológicas, topográficas, geológicas, pedológicas e de vegetação.

Portanto, os principais fatores naturais que determinam a erosão são: a chuva, a cobertura vegetal, o relevo, os tipos de solos e o substrato rochoso. De acordo com Bahia et al., (1992) a chuva e a cobertura vegetal são fatores extrínsecos. Já a topografia e o solo são fatores intrínsecos, pois além de comandar a erosão eles são afetados por ela.

## **2.1.2 Papel dos principais fatores na dinâmica dos processos erosivos**

### **2.1.2.1 Chuva**

É um dos fatores de maior importância na erosão dos solos. O volume e velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência da chuva. A intensidade é o fator mais importante, pois quanto maior a sua intensidade maior é a perda por erosão (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

A erosão causada pelas chuvas tem abrangência em quase toda a superfície do globo terrestre, principalmente em áreas com clima tropical onde os índices pluviométricos se apresentam bem mais elevados do que em outras regiões do planeta (GUERRA, 2010).

Para Troeh e Thompson, (2007 p.588) a energia formada pela alta velocidade da água é suficiente para a separação e transporte de partículas de solo, incluindo partículas maiores

como agregados e torrões de solo. O autor destaca que “O aumento da energia do fluxo causa o aumento da taxa de erosão numa proporção superior ao aumento do volume do fluxo”. As partículas maiores são depositadas em depressões e a argila pode chegar ao oceano.

De acordo com Pruski, (2009) a erosão hídrica do solo constitui o principal problema relativo a recursos naturais. No Brasil, é a mais importante em termos de ocorrência, pois além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta nutrientes químicos, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas causando prejuízos diretos a produção agropecuária além de provocar a poluição das nascentes. Os prejuízos sociais e ambientais decorrentes da erosão também são bastante elevados, afetando a qualidade e disponibilidade da água decorrente da poluição e do assoreamento dos mananciais, favorecendo a ocorrência de enchentes no período chuvoso e a escassez de água no período de estiagem. O autor destaca ainda, que o estado de Minas Gerais perde anualmente 68.917.218 toneladas de solo por erosão, em áreas ocupadas por culturas anuais.

Bahia et al., (1992) destacam que todos somos afetados pela erosão dos solos, de forma direta ou indireta, mas no geral a população não tem consciência da gravidade do problema, de como é causado e quais as suas consequências. Sem se conhecer o processo evolutivo da erosão e os fatores determinantes não é possível o desenvolvimento de práticas conservacionistas e seu controle. Segundo os mesmos autores “erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela água e pelo vento” (Bahia et al., 1992 p. 26), onde o desprendimento ou destruição dos agregados ocorre devido ao efeito integrado da energia cinética da gota de água e da força cisalhante do escoamento superficial, constituindo o estágio inicial da erosão hídrica.

### **2.1.2.2 Cobertura vegetal**

A cobertura vegetal se apresenta como um fator natural de fundamental importância na defesa contra a erosão (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990; BAHIA et al., 1992; CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Para Bahia et al., (1992) a cobertura vegetal mais eficiente no controle à erosão é a vegetação natural quando formada por espécies arbóreas mais a vegetação baixa, formada por espécies herbáceas.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto, (1990) a densidade da cobertura vegetal e o tipo de cultura determina o grau de proteção do terreno, pois existem diferenças consideráveis entre as quantidades de perdas por erosão de acordo com cada tipo de cultura. Os autores, (p.59) enumeram o efeito da vegetação na defesa contra a erosão:

- (a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

A vegetação, de modo geral, reduz as taxas de erosão do solo, pois ao interceptar as águas pluviais através de suas copas, possibilita a redução da energia cinética favorecendo a infiltração. De acordo com Guerra, (2005) o papel da vegetação é de suma importância no controle da erosão pluvial e destaca que a vegetação mais baixa, composta por herbáceas e gramíneas são mais eficientes no controle da erosão superficial, pois apresentam maior densidade de cobertura que as espécies arbóreas. A quantidade de erosão é diretamente proporcional à área sem cobertura.

A proteção do solo pela planta ocorre de várias maneiras: a) as copas evitam o impacto das gotas de chuva direto sobre o solo, o protegem da ação dos ventos e produzem sombreamento; b) a serrapilheira, que pode ser considerada como uma manta vegetal, atua na

cobertura do solo amortecendo a queda das gotas de chuva, dificulta a movimentação da água sobre o solo, diminui a sua velocidade, força a sua infiltração e reduz o arraste de solo; c) as raízes atuam na retenção do solo, aumentam a sua porosidade e auxiliam na infiltração da água através dos canais que deixam no solo ao apodrecer (MESQUITA et al., 1992).

### **2.1.2.3 Relevo, declive e comprimento de vertente**

Rodrigues, (1998) afirma que existe uma inter-relação na dinâmica dos processos geomorfológicos que atuam sobre uma forma de relevo, e destaca que vários processos atuam de forma simultânea em uma vertente, ou seja, o processo de intemperismo, o escoamento superficial, a infiltração e a ação biológica atuam concomitantemente. De acordo com o autor, mudanças no equilíbrio dinâmico de um modelado podem ser desencadeadas pelo elemento antrópico, acelerando ou diminuindo a ação dos processos erosivos.

Segundo Botelho, (2010) as formas de relevo sob o ponto de vista ambiental, são fatores que exercem influência sob as condições locais e criam condições hidrológicas específicas. Destaca ainda, que a inclinação das encostas, aliada a outros fatores como cobertura vegetal e a rugosidade do terreno, é a responsável pela maior ou menor velocidade dos fluxos de água que atuam nos processos erosivos.

Da mesma forma que o escoamento se inicia em resposta à gravidade, o volume de água nos canais de escoamento está relacionado com o comprimento do declive. O grau de declive do terreno tem influência direta na quantidade de solo erodido, pois quanto maior o declive, maior a velocidade das enxurradas e com menor tempo de infiltração, o resultado é um maior volume de enxurrada. (OLIVEIRA et al., 1992; BAHIA et al., 1992).

De acordo com Casseti (2005), pelas informações contidas em uma vertente é possível compreender os mecanismos morfogenéticos, responsáveis pela elaboração do relevo e as

mudanças mais recentes, que são os processos morfodinâmicos. A topografia, representada pelo comprimento do declive é um dos fatores que possui grande influência sobre a erosão, pois dela depende a quantidade e tamanho de partículas arrastadas pela água, que apresenta a sua velocidade em função do comprimento do declive e da inclinação do terreno.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto, (1990) o comprimento de rampa, se apresenta com um dos fatores mais importantes de perdas de solo por erosão, pois à medida que a distância é percorrida, o volume de água e a velocidade de escoamento se avolumam e como consequência uma maior quantidade de solo é perdida por erosão.

#### **2.1.2.4 Solo**

As propriedades do solo apresentam grande importância nos estudos dos processos erosivos, pois fazem parte dos fatores que determinam o grau de susceptibilidade à erosão.

Para Bertoni e Lombardi Neto, (1990) as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo exercem diferentes influências na erosão, e destacam que: “suas condições físicas e químicas, ao conferir maior ou menor resistência à ação das águas, tipificam o comportamento de cada solo exposto a condições semelhantes de topografia, chuva e cobertura vegetal”.

Jacintho et al., (2006) recomendam que os estudos de erodibilidade sejam regionalizados, pois a ação diferenciada do intemperismo em conjunto aos aspectos geológicos, entre outros fatores, faz com que as propriedades dos solos apresentem grande variabilidade. A erodibilidade dos solos é definida como sua capacidade de resistir aos processos erosivos e é influenciada pelas propriedades do solo como a textura, a estabilidade estrutural, o teor de matéria orgânica, a mineralogia e os constituintes químicos.

Silva, (2010) acrescenta alguns fatores que influenciam na erodibilidade: velocidade de infiltração, permeabilidade do solo a água, capacidade total de armazenamento, resistência às forças de dispersão, salpico e transporte pela enxurrada. Segundo Rezende et al., (2011) as características do solo como: textura, consistência friável, baixo teor de matéria orgânica e pequena estabilidade de agregados, tendem a aumentar a susceptibilidade do solo à erosão. Os autores afirmam que em relação à textura, solos com maiores teores de silte e areia apresentam tendência maior à erosão que os solos argilosos e solos com textura mais grosseira como os compostos por areia grossa e cascalho são os mais susceptíveis devido ao baixo grau de agregação das partículas.

A densidade aparente é outro fator controlador no que se refere a maior ou menor compactação dos solos, podendo aumentar sob várias circunstâncias. Em solos compactados os valores de densidade aparente são maiores, ao contrário dos solos que apresentam elevado teor de matéria orgânica, onde a densidade aparente tende a diminuir.

A porosidade do solo que é a proporção entre os espaços ocupados pelos fluidos em relação à massa de solo, esta relacionada à densidade e controla a permeabilidade do solo e a taxa de infiltração. A permeabilidade, que é a capacidade do solo de deixar a água passar através de seu perfil esta relacionada ao tamanho, volume e distribuição dos poros no solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

#### **2.1.2.5 Interferência antrópica**

A interação entre as condições de clima, modelado do terreno e tipo de solo é que irá determinar à suscetibilidade natural dos solos à erosão, no entanto este processo natural pode ser intensificado pela ação antrópica. O processo de ocupação do homem sobre a superfície terrestre gerou situações de degradação ambiental e de recursos naturais que intensificaram os processos erosivos.

Hernani et al., (2002) destacam que a falta de conhecimentos dos recursos naturais (solo, água e biodiversidade) e a falta de planejamento em escalas diversas, o manejo do solo incorreto, o desmatamento, e a exploração do solo acima de sua capacidade, juntamente com o crescimento desordenado das áreas urbanas e industriais influem nas propriedades e na natureza dos solos tornando-os suscetíveis a degradação. Segundo os autores “a intervenção humana no ecossistema natural (remoção da cobertura vegetal, por exemplo) tem sido causa de degradação que remonta aos tempos do descobrimento do Brasil”.

A ocupação das áreas do Cerrado pela agricultura transformou os extensos chapadões de topografia plana, pouco utilizados, em áreas intensamente aproveitadas, mediante programas governamentais a disponibilidade de capitais privados.

Menezes et al., (2009) destacam que o primeiro impacto relativo a monocultura foi o desmatamento. Oliveira, (2002) citado pelos autores, enfatiza que o esgotamento das fontes de água, mudança climática, perda de biodiversidade, o uso de queimadas contribuindo para o aquecimento global e o aparecimento de erosões causando graves problemas ao solo, são consequência do desmatamento para formação de grandes plantações agrícolas. A retirada das florestas e pastagens naturais para uso em sistema de monocultura agrícola, associados à mecanização intensiva e desordenada, com ausência de cobertura do solo nos períodos entre cultivos e agravada ainda, pela falta de práticas de conservação provocam danos ambientais. Klein, (1996) citado por Santos et al., (s/d) destaca alguns danos causados pela atividade agropecuária através da derrubada da vegetação original da área: intensificação os processos erosivos, aumentando o aporte de sedimentos em direção das bacias hidrográficas, aparecimento de voçorocamentos no solo e assoreamento das drenagens.

Do Bioma Cerrado, cerca de 80% já foi modificado pelo homem devido à expansão agropecuária, a urbanização e a construção de estradas. Cerca de 40% do Cerrado conservam, parcialmente, suas características iniciais e os outros 40% já as perderam totalmente. Apenas

19,15% do Cerrado ainda possui a vegetação original, em bom estado de conservação e deste somente 0,85% encontra-se oficialmente em unidades de conservação. (WWF, 2012)

A ocupação desordenada aliada as condições ambientais e climáticas em região de clima tropical provoca a aceleração dos processos erosivos e tem como resultado a degradação do solo e da água que refletem nos aspectos ambiental e sócio econômico (FUGIHARA, 2002).

### **2.1.3 Fases da Erosão Hídrica**

Os efeitos erosivos apresentam uma grande relação de dependência com a intensidade e duração das chuvas. A erosão associada ao fluxo superficial ocorre sempre que a água precipitada, total ou parcial, deixa de se infiltrar.

A erosão hídrica de superfície passa por um processo evolutivo onde as fases deste processo poderiam ser classificadas como: a) Fluxo laminar - é a forma mais lenta de erosão, pouco perceptível a curto e médio prazo, no entanto provoca grandes prejuízos a agricultura. b) Fluxo concentrado - é o resultado da convergência do fluxo superficial, que em função de pequenas depressões no terreno ou da geometria da vertente, formam um processo de alargamento do canal através do impacto das partículas sobre o material do fundo do canal. O fluxo concentrado pode resultar na formação de sulcos, ravinas e evoluir para voçorocas (CASSETI, 2005).

O primeiro estágio do processo erosivo é o salpicamento (*splash*), que ocorre com a incidência direta da água da chuva sobre o solo causando a ruptura dos agregados e facilitando o seu transporte pelo escoamento superficial. Outra consequência do efeito *splash* é a formação de crostas superficiais que provocam o selamento do solo e a diminuição da sua capacidade de infiltração (GALETI, 1987; LEMOS E BAHIA et al., 1992; GUERRA, 2010;

TROEH E THOMPSON, 2007). No segundo estágio, com a continuidade da chuva, inicia-se a formação de poças na superfície (*ponds*) e, na medida em que este solo torna-se saturado se unem e transbordam provocando o escoamento superficial (*runoff*), responsável pelos processos erosivos de superfície.

A terceira fase do escoamento superficial é a convergência do fluxo laminar, provocando um processo de corrosão e abrasão sobre o material estático, abrindo canais para o escoamento da água. De acordo com Guerra, (2010) estes canais ou microravinas como são denominados pelos autores podem formar cabeceiras que bifurcam formando novas ravinas. A partir do fluxo linear concentrado surgem os sulcos que podem evoluir para processos erosivos de maior proporção: as ravinas e voçorocas. Bigarella et al., 2003, apresenta uma classificação para as feições erosivas de pequenas proporções em relação a profundidade, adaptada de Imerson e Kwaaa (1980): ranhura (até 5 cm), sulco (5 a 30 cm), vala (30 a 100 cm) e ravina (> que 100 cm).

Alguns autores não fazem uma distinção entre erosão em sulcos e ravinas. Para Bahia et al., (1992 p. 27) a erosão em sulcos ou ravinas “caracteriza-se pela formação de canais sinuosos em consequência do acúmulo de água que escorre seguindo as linhas de maior declive dos terrenos irregulares”. Segundo o autor ela é ocasionada por chuvas intensas ou terrenos com grande comprimento de rampa.

Bertoni e Lombardi Neto, (1990) fazem uma classificação da erosão baseada nos estádios correspondentes à progressiva concentração de enxurradas na superfície do solo divididas em três formas: laminar, em sulcos e voçorocas, as quais podem ocorrer simultaneamente no mesmo terreno.

Camapum de Carvalho et al., (2006) argumentam que na erosão em sulcos o desprendimento das partículas se dá principalmente pela energia do fluxo superficial e não pelo impacto da gota de chuva. Assim, o volume de material erodido é muito maior na erosão

em sulcos do que na erosão laminar ou intersulcos. Classificam sulcos como pequenos canais de até 10 cm de profundidade e gerados a partir do escoamento superficial concentrado. Destacam ainda, que na fase do surgimento, os sulcos ocorrem de forma distribuída e não apresentam grandes concentrações de água e, com o aumento de concentração de água, alguns destes sulcos evoluem para ravinas e voçorocas.

Troeh e Thompson, (2007 p. 589) consideram a erosão em sulco como a menor erosão e que ocorre quando a água concentra seu poder erosivo ao longo de um canal que flui de forma concentrada e descrevem:

Sulcos formam-se entre fileiras inclinadas de plantas ou a ao longo de linhas de plantas que não estão em nível. ... O resultado final dos sulcos de erosão incluindo o nivelamento da superfície pelo preparo de solo é similar a erosão laminar, uma camada de solo é removida e o perfil do solo torna-se mais raso.

Para Bertoni e Lombardi Neto, (1990) a erosão em sulcos é resultado de pequenas irregularidades na declividade do terreno onde a enxurrada concentra-se atingindo volume e velocidade, provocando sulcos mais ou menos profundos, que logo no início podem ser desfeitos com operações de preparo de solo e em estágio mais adiantado atingem profundidade que impossibilita o trabalho de máquinas agrícolas.

#### **2.1.4 Ravinas e Voçorocas**

Segundo Oliveira (2010 p. 58) “as ravinas e voçorocas são consideradas incisões que resultam da tendência de sistemas naturais a atingir um estado de equilíbrio entre a energia disponível e eficiência do sistema em dissipar energia”. A quantidade de energia disponível (precipitação e teor de umidade do solo) e as modificações no ambiente (uso do solo) podem levar a situação de desequilíbrio entre energia disponível e capacidade de dissipação de energia.

Em estudo sobre a formação e desenvolvimento de ravinias, Guerra (1997) destaca que é um tema que apresenta algumas contradições devido à forma como o termo ravina tem sido aplicado por diversos pesquisadores.

De acordo com Bryan (1987) citado por Guerra, (1997), as primeiras pesquisas sobre ravinias foram realizadas visando a sua aplicação na agricultura, sendo as ravinias consideradas micro canais que poderiam ser removidos por operações de preparo de solo.

Guerra, (1997) destaca que o primeiro autor a reconhecer a importância geomorfológica das ravinias foi Horton (1945) que propõe o conceito de evolução de ravinias baseando-se no fato de que quando a precipitação excede a capacidade de infiltração inicia-se o escoamento superficial (*runoff*). O acúmulo da água em micro depressões na superfície do solo transborda e passa a descer a encosta em forma de lençol e, à medida que este fluxo de água ganha volume e velocidade, tende a se concentrar formando ravinias.

Os processos erosivos gerados pelas águas da chuva passam por um processo evolutivo, partindo da erosão laminar e na sequência sulcos, ravinias e voçorocas. Controvérsias existem por parte de pesquisadores quanto à fixação do limite de cada fase de erosão, principalmente quando se trata de ravinias e voçorocas. Alguns autores a condicionam a presença ou não do lençol freático e outros as associam a aspectos geométricos.

De acordo com DAEE/IPT (1990), “sulcos são definidos como canais rasos, formados pela concentração do fluxo superficial, e elimináveis por operações agrícolas usuais. Com o aprofundamento do sulco, formam-se as ravinias e, quando o lençol freático é atingido, as voçorocas”.

#### **2.1.4.1 Ravinas**

Segundo Bigarella et al. (2003 p. 924) “ravina constitui um canal pequeno e relativamente profundo originado por uma corrente de águas intermitente. Pode originar-se a partir do desenvolvimento progressivo de ranhuras, sulcos e valas nas vertentes, transformando-se em canais efêmeros maiores”.

Para caracterizar as ravinas muitos autores utilizam a definição dimensional. Guerra (2010) descrevem ravinas como incisões de até 50 cm de largura e profundidade. Para Camapum de Carvalho et al., (2006) o termo ravina deveria ser aplicado a canais com profundidade superior a 10 cm e máxima limitada a 50 cm ou aquela para a qual começa a ocorrer à instabilidade dos taludes, por deficiência de coesão real e de cimentação, adotando-se a maior delas. Para Bergsma et al. (1996) apud Guerra (1997) em termos de profundidade, as ravinas formadas através do escoamento superficial concentrado, em vários canais rasos deve atingir no máximo 20 a 30 cm e serem facilmente obliterados pela aragem do solo.

#### **2.1.4.2 Voçorocas**

Voçoroca é um termo do Tupi-guarani, Ibi-Çoroc que significa “terra rasgada” A partir da profundidade de 50 cm estabelecida para ravinas surgem às voçorocas, sobre as quais passam a intervir na instabilização dos taludes associada ou não a fenômenos de erosão interna ou de esqueletização (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Para Bahia et al., (1992 p. 27) Voçorocas:

São a forma mais espetacular de erosão, ocasionada por grandes concentrações de enxurrada, que passam, ano após ano, no mesmo sulco, que vai-se ampliando pelo deslocamento de grandes massas de solo, e formando grandes cavidades em extensão e profundidade.

De acordo com Guerra, (2005) as voçorocas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço.

Bertoni e Lombardi Neto (1990 p. 77) se referem a voçorocas como: “A voçoroca é a visão impressionante do efeito da enxurrada descontrolada sobre a terra”. E destacam que se o material dos diferentes horizontes do solo apresenta consistência uniforme, a voçoroca desenvolve-se em paredes mais ou menos verticais e quando o material é muito friável fica sujeito a pequenos desmoronamentos. Quando o material do subsolo é mais resistente que o horizonte superficial as voçorocas apresentam as paredes em forma de V.

Segundo Paiva Netto (1947) apud Lessa, (2006 p.13)

Uma voçoroca se forma pela infiltração das águas pluviais que vão promovendo o arrastamento paulatino das frações finas do solo para camadas profundas, onde se acumulam dando origem a um horizonte iluvial impermeável, que impede a descida da água de infiltração. Esta passa a descolar-se horizontalmente, formando um lençol d’água devido a pequena inclinação do horizonte impermeável; o escoamento de água freática processa-se em direção quase horizontal, propiciando a erosão subterrânea, sob a forma de solapamento.

Para Troeh e Thompson (2007 p. 589 -590) Voçorocas: “São muito largas e íngremes para serem cruzadas e removidas por operações normais de cultivo”. Elas se desenvolvem onde as concentrações de fluxo de água descem uma encosta ou barranco, tendo seu início geralmente na posição mais baixa da paisagem erodindo em direção à fonte de água. A voçoroca pode se ramificar e desenvolver um sistema de voçorocas, devastando áreas relativamente grandes, não acessíveis e consequentemente inutilizáveis. Destacam ainda: “Voçorocas erodem o perfil inteiro do solo e muitas vezes cortam o material não consolidado abaixo do solo. A sua profundidade é limitada pelo material subjacente resistente a erosão (leito de rocha) quanto pelo nível de sua saída”.

Os autores classificam as voçorocas como pequenas, médias e grandes:

Voçorocas entre 1 a 5 m de profundidade são consideradas de tamanho médio as fora das faixas desta medida podem ser consideradas pequenas ou grandes. Voçorocas também são classificadas em ativas ou inativas em formatos de U ou V. As que tem formato em V são as mais comuns exceto em loess. Loess tem uma tendência de formar barrancos verticais e por isso as voçorocas em formato em U

que apresentam maiores dificuldades para se estabilizar por que os lados devem ser inclinados para que a vegetação possa ser estabilizada nelas (TROEH E THOMPSON 2007 p. 590).

Capeche et al., (2008 p. 110 - 111) enfatizam que a “ocorrência das voçorocas está intimamente relacionada com o ambiente que a cerca, principalmente o relevo, tipo de solo e cobertura vegetal, tendo maior probabilidade de ocorrer em determinado tipo de relevo que em outro”. Para efeito de avaliação no campo, classificam as voçorocas quanto à profundidade e extensão da bacia de contribuição:

**Profundidade:**

- voçoroca pequena – quando tiver menos de 2,5m de profundidade;
- voçoroca média – quando tiver de 2,5 a 4,5m de profundidade; e
- voçoroca grande – quando tiver mais de 4,5m de profundidade.

**Bacia de contribuição:**

- voçoroca pequena – quando a bacia de contribuição for menor que 10 ha
- voçoroca média – quando a bacia de contribuição tiver entre 10 a 50 ha; e
- voçoroca grande – quando a bacia de contribuição for maior que 50 ha.

#### **2.1.4.2.1 Evolução das voçorocas**

O processo de erosão por voçorocas apresenta grande complexidade de acordo com vários autores (Guidicini e Nieble, 1976; Bigarella e Mazuchowski, 1985; Cavaguti, 1994) citados por Oliveira, (2010). A formação das voçorocas, em áreas submetidas a mudanças ambientais, se dá com a conjugação de alguns fatores: aumento local de declividade, concentração do fluxo de água e remoção da cobertura vegetal.

Oliveira, (2010) destaca que diferentes mecanismos individuais atuam em diferentes escalas de tempo e espaço, associados a um regime variável de precipitações contribuindo com o processo erosivo ao longo do tempo. Salienta ainda, que através de observações em incisões erosivas, as conectadas a rede hidrográfica apresentaram taxas de erosão mais importantes que as desconectadas e possui uma relação direta com as chuvas concentradas em alguns meses do ano, período em que os mecanismos individuais podem atingir maior remoção de material.

Guerra e Cunha, (2007) destacam que as voçorocas nas encostas são características erosivas relativamente permanentes apresentando fluxo de água no seu interior durante os eventos chuvosos podendo se aprofundar de tal maneira a atingir o lençol freático.

De acordo com Capeche et al., (2008) a presença do lençol freático, interceptado pela voçoroca, induz o aparecimento de surgências de água no fundo da voçoroca. Esse fluxo de água, além de carrear o material mais profundo, pode levar a ampliação da voçoroca através do colapso no terreno com desabamentos que alargam a voçoroca e criam novas ramificações.

#### **2.1.4.2.2 Controle de voçorocas**

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto, (1990) esta forma de erosão apresenta maiores prejuízos ambientais com relação à fonte de sedimentos que assoreiam córregos e barragens.

Morais et al., (2004) destacam que a geração das voçorocas pode ocorrer por processos de erosão superficial ou subsuperficial, mas, quando o lençol freático é atingido pelo aprofundamento do canal, os processos subsuperficiais passam a ser preponderantes, o que torna seu controle muito mais difícil e oneroso. O controle e recuperação de voçorocas são operações de custo elevado se tratando de pequenos proprietários rurais, que preferem deixar como está a buscar uma solução para o problema. Ignoram que se tratando de recursos naturais é mais viável economicamente preservar do que restaurar.

Capeche et al., (2008 p. 108) afirmam que:

O controle de voçorocas é uma prática que, normalmente, demanda tempo, trabalho e capital e, muitas vezes, torna-se economicamente onerosa. Entretanto, embora as terras que apresentam-se erodidas com voçorocas tenham pequeno valor agregado imediato, elas devem receber um cuidado especial, pelo menos para proteger o ambiente que as cerca, como outras propriedades, nascentes, rios, lagos, barragens etc.

O controle de voçorocas é feito através da sua estabilização, ou seja, evitar que cresça. Segundo Capeche, (2005) para reduzir o crescimento da voçoroca deve-se evitar que a água da chuva concentrada seja direcionada para o seu interior continuando o processo erosivo e recomenda construção de barreiras físicas (terraços, murundus com valas ou valas) em volta da voçoroca, com o objetivo do desvio da enxurrada para outras áreas protegidas da erosão. Outra sugestão é a construção de bacias de captação caso o volume de água seja muito grande. Recomenda ainda, a adequação das paredes da voçoroca para revegetação, o plantio de espécies vegetais no seu entorno e a colocação de obstáculos nos caminhos percorridos pela água para redução da sua velocidade com a utilização de entulho de obras, pneus, sacos de terra, galhos de árvores ou pedras.

Bertoni e Lombardi Neto, (1990) destacam que os trabalhos para controle de voçorocas consistem principalmente em estabilizar a superfície do solo exposto a enxurrada excessiva por meio de cobertura vegetal.

Para a recuperação ou estabilização das voçorocas Capeche et al., (2008) defendem que dependendo do seu tamanho e custo benefício, pode-se fazer a opção de sua recuperação total ou sua estabilização e destacam como procedimentos básicos a serem utilizados:

Isolamento da área de contribuição da voçoroca; Controle da erosão em toda a bacia de captação de água da voçoroca; Drenagem da água subterrânea; Suavização dos taludes da voçoroca; Construção de barreiras artificiais ou naturais no interior das voçorocas; Vegetação da voçoroca e área de contribuição; Manutenção das estruturas de controle da voçoroca; Medidas de prevenção para evitar o aparecimento das voçorocas; Utilização de paliçadas; Travesseiros ou almofadas; Construção de terraços; Recuperação da cobertura vegetal em voçorocas e área de contribuição (CAPECHE et al., 2008 p. 111 - 121)

### **2.1.5 Estruturas para Controle e Estabilização da Erosão como Alternativas de Baixo Custo**

São dispositivos utilizados para reter, ou controlar o movimento das enxurradas. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto, (1990) nem sempre é possível desviar a enxurrada do interior da voçoroca e para minimizar o seu efeito, enfatizam que há necessidade de se reduzir o gradiente do canal para que a enxurrada possa escorrer a uma velocidade não erosiva. Os autores salientam ainda, que o uso de estruturas para retenção de água e solo da voçoroca é de grande importância, pois atuam também no controle da sedimentação. Citam ainda, diversos materiais que podem ser utilizados para este fim, como: pedras, tocos de árvores e telas de arame preenchidas com pedras (gabiões).

Uma das soluções propostas por pesquisadores da EMBRAPA é a construção de "paliçadas", barreiras físicas feitas de bambu. Paliçadas são utilizadas para a contenção das paredes verticais da voçoroca e para a redução da velocidade da enxurrada atuando na retenção de água e de sedimentos (CAPECHE et al., 2008; ANDRADE, et al., 2005).

Machado et al., (2006) recomendam o uso de paliçadas para quebrar a força da enxurrada e reter sedimentos dentro da voçoroca e sugerem a utilização de materiais de baixo custo como o bambu, pneus usados e sacos de ráfia. Salientam ainda que para se obter eficiência nestas estruturas deve-se fazer uma boa escolha do local para a sua instalação, ou seja, onde os barrancos apresentem firmeza suficiente para suportar a força exercida através da enxurrada.

## **2.2 USO DA ENGENHARIA BIOLÓGICA OU BIOENGENHARIA DE SOLOS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Engenharia biológica é um ramo da engenharia em que as plantas vivas são utilizadas como elemento construtivo de engenharia, em conjunto com material inerte: material lenhoso, rochas, concreto, tela de arame, geotêxteis ou produtos sintéticos. Sua definição segundo SCHIECHTL (1992), apud (SANGALLI, 2008 p. 1):

Bioengenharia é uma disciplina com objetivos construtivos técnicos, ecológicos, estéticos e econômicos, principalmente utilizando materiais vivos, tais como sementes, plantas, partes de plantas e comunidades vegetais. Estes objetivos são alcançados, aproveitando os múltiplos rendimentos da produção das plantas múltiplas e técnicas de construção utilizando baixo impacto ambiental.

A visão integral da bioengenharia permite ver a realidade como um sistema, no qual a natureza cumpre um papel fundamental nos seus próprios processos de recuperação. Neste contexto onde se apresenta um problema ambiental existe uma solução. Os tratamentos com base nesta ciência cuidam dos ambientes de paisagem natural, usando elementos do próprio ambiente, e potencializando a recuperação da natureza usando a sua lógica no processo de recuperação, que é a diferença entre obras tradicionais de engenharia civil, que em princípio contrastam com a paisagem.

O uso das técnicas de bioengenharia de solos que visam a perenização de cursos da água, estabilização de encostas, tratamento de voçorocas e o controle da erosão é relativamente nova no Brasil. Na Europa Central (Alemanha, Suíça, Norte da Itália e Áustria) as técnicas de bioengenharia já vêm sendo utilizada há décadas. Atualmente na Europa, apresenta-se como alternativa aos modelos tradicionais, pois além de solucionar os problemas,

essas práticas trazem ganhos estéticos e ecológicos e uma maior viabilidade econômica (SUTILI, 2007).

De acordo com Sangalli, (2008) a bioengenharia é usada em todas as áreas de engenharia civil, especialmente no âmbito da consolidação de taludes, barrancos e no controle de erosão, sendo também considerada como uma alternativa e complementação para a engenharia tradicional. O uso de plantas como material de estabilização de solos frequentemente está associado ao uso de outros materiais secundários que visam ajudar no estabelecimento das condições físicas nas fases iniciais, enquanto o material vegetal não atinge o seu efeito ótimo.

Navarro, (2008) define a bioengenharia como: A inclusão de gramíneas, arbustos, árvores e outro tipo de vegetação no projeto de engenharia para melhorar e proteger as encostas, aterros e estruturas dos problemas relacionados à erosão e outros tipos de deslizamentos de encostas. Destaca ainda, que ela oferece solução eficiente para muitos problemas ambientais relacionados à infraestrutura e a crescente erosão do solo. Para o autor, uma estrutura de bioengenharia é muitas vezes mais eficaz em relação à estrutura de engenharia convencional: a vegetação tende a crescer mais forte com o tempo, enquanto uma estrutura inerte se torna mais fraca ao longo do tempo. Com relação a custos é mais atrativa por utilizar materiais locais, tais como vegetação e pedras, não dependendo de insumos importados.

Como a bioengenharia integra materiais vegetais, os sistemas resultantes e seus componentes apresentam vantagens e desvantagens e necessitam de uma avaliação antes de serem selecionados para uso. A escolha do material vivo (espécies vegetais) usados no campo é premissa fundamental para o sucesso das intervenções (SANGALLI, 2008). Como nesta técnica são utilizados os benefícios mecânicos e hidrológicos de uma comunidade vegetal, para atender uma função da engenharia, uma vegetação selecionada para as condições

particulares do local em que será estabelecida poderá fornecer uma proteção eficaz para o que se esta proondo (NAVARRO, 2008).

Neste contexto, a engenharia biológica é uma excelente ferramenta para a estabilização de áreas que se apresentam instáveis, tendo como agente principal a vegetação, que apresenta efeitos positivos na recuperação de áreas degradadas e protege o solo dos efeitos danosos da erosão. A parte aérea das plantas e a serrapilheira, interceptam as gotas de chuva e protegem o solo dos processos de mobilização e carreamento das partículas, além de reduzir a velocidade das enxurradas.

O uso de geotêxteis como técnica de recuperação e conservação de solos tem apresentados resultados bastante satisfatórios. Bhattacharyya et al., (2011) ao avaliarem o uso de geotêxteis biológicos no Reino Unido, Hungria, África do Sul, China, Tailândia e Vietnã concluiram que o uso de geotêxteis biológicos foram muito eficazes no controle de erosão do solo em todos os locais estudados, onde apresentaram diminuição das taxas de erosão hídrica no solo em torno de 67 - 99%. Bezerra et al., (2012) em estudos realizados em Uberlândia-MG, observaram que o uso de geotêxteis apresentou eficiência no controle do processo erosivo e na diminuição do fluxo superficial, atuando como obstáculo para a geração do fluxo superficial e protegendo o solo contra a erosão.

Com relação à influência do uso de geotêxteis sobre as condições de umidade no solo Kertész et al., (2011) avaliaram em seus estudos, seis tipos de geotêxteis em seis locais: Brasil, China, Hungria, Lituânia, Tailândia e Vietnã. Os resultados destes estudos demonstraram que não houve diferença em relação aos seis tipos de geotêxteis, feitos a partir de diversos materiais, na conservação de umidade no solo. No entanto, com relação à localização geográfica do estudo, foram observadas grandes diferenças na manutenção de umidade no solo com o uso de geotêxteis. Em estudo realizado na estação experimental do

Glória, em Uberlândia-MG, Bezerra et al., (2012) comprovaram a eficiência de geotêxteis na manutenção da maior umidade superficial em relação à parcela com solo exposto.

O uso de práticas de caráter vegetativo na conservação do solo é colocado por Bertoni e Lombardi Neto, (1990) como fundamental para a proteção que se oferece ao solo, preservando-lhe a integridade contra os efeitos da erosão. Independente da sua finalidade as ações propostas para a recuperação de áreas degradadas com o uso de vegetação pressupõe a proteção do solo e é o primeiro passo para a reabilitação destas áreas.

Em Uberlândia (MG), Silva, (2010) realizou estudos utilizando medidas físicas e edáficas de baixo custo, na estabilização canais erosivos com grande produção de sedimentos, verificando que o uso de espécies leguminosas herbáceas apresentaram bons resultados quanto à rápida cobertura vegetal, onde a espécie Java (*Macrotyloma axillare*) se destacou em relação ao *Arachis pintoi*.

A bioengenharia de solos geralmente exige menor mobilização do solo, menor custo e apresenta menor impacto ambiental, sendo possível a sua utilização em locais de difícil acesso. Quando as plantas se estabelecem o sistema de raízes reforça a camada superficial do solo (camada arável) e colabora para a sua estabilização.

Couto et al., (2010), afirmam que as espécies vegetais contribuem com o sistema radicular e o caule, podendo ser utilizadas em diferentes arranjos, como elementos estruturais e mecânicos na contenção e proteção do solo, propiciando melhoria nas condições de drenagem e retenção dos movimentos de terra, destacam ainda, a influência do reforçamento radicular na estabilidade dos taludes.

### **2.2.1 Estruturas para a retenção de sedimentos**

Couto et al., (2010), salientam ainda que “As estruturas de detenção e retenção de sedimentos representam a principal ferramenta para controle de erosão em leito de canais e voçorocas”, podendo ser classificadas quanto aos seguintes aspectos:

- (i) formato – retilínea ou arqueada; (ii) finalidade - deposição (para retenção de sedimentos) ou consolidação (para estabilização de leitos de canais e taludes); (iii) resistência às forças externas - estruturas de detenção e retenção de sedimentos de gravidade ou estruturas de detenção e retenção de sedimentos arqueadas; (iv) material de construção – concreto, rochas, gabiões, madeira, aço e materiais mistos (ex.: aço com madeira); e (v) construção e objetivos específicos – filtração, deposição e retardamento de vazões (COUTO et al., 2010 p. 80).

Os sedimentos depositados, provenientes de áreas a montante das estruturas de retenção, inicialmente, irão diminuir a declividade do processo erosivo linear, modificando a geometria final do talude, deixando-a mais estável que a original. Como consequência, teremos uma redução no transporte de sedimentos devido à redução do volume e da força atrativa sobre o leito.

As estruturas de retenção de sedimentos trazem efeitos benéficos que são listados a seguir: a) Protegem os perfis transversais da erosão; b) Impedem o aprofundamento do canal, criando pontos estáveis e formando nova base para o leito do processo erosivo e desenvolvimento da vegetação; c) Reduzem a velocidade do escoamento superficial; d) Funcionam como um regulador do carreamento de sedimentos; e) Durante chuvas torrenciais retêm grandes quantidades de sedimentos de granulometria de diâmetro superior; e f) Os sedimentos são retidos no seu próprio local de origem (COUTO et al., 2010). Serato e Rodrigues, (2010) destacam que a utilização de barreiras é uma importante técnica na contenção da erosão, e salientam que para diminuir os trabalhos de manutenção das mesmas é fundamental que se faça um estudo prévio antes de sua instalação.

De acordo com Sangalli, (2008) para a aplicação de técnicas de bioengenharia deve-se levar em conta uma série de fatores, principalmente devido à utilização de material vegetal vivo:

**a) Botânica**

Conhecer as características botânicas da espécie que se propõe a utilizar, como forma de reprodução, hábito de crescimento e tipo de sistema radicular, entre outros. Conhecer as suas características fisiológicas como: tolerância a seca ou inundações, exigências quanto à fertilidade do solo, tolerância ou limitação quanto a condições de solo (salinidade, acidez, etc.). A escolha deverá ser determinada de acordo com as condições edafo-climáticas, escolhendo de preferência espécies nativas da região.

**b) Clima**

Características macro e micro climáticas do local, tendo como parâmetros: altitude; índices pluviométricos (distribuição e médias); umidade relativa do ar; períodos de seca ao longo do ano; temperaturas médias, máximas e mínimas; exposição solar (condições de luminosidade); ventos (frequência e persistência) e mudanças súbitas de temperatura.

**c) Características edáficas**

Análise do solo e características do subsolo, tendo como parâmetros para a avaliação do solo: textura e estrutura; nível de acidez (pH), teor de nutrientes; teor de carbonatos orgânicos; permeabilidade do solo e retenção de água; elementos tóxicos; largura da camada de solo que apresenta raízes; microfauna e microflora, entre outros.

**d) Fitossanidade das Plantas**

Condições fisiológicas do material vegetal e seu estado fitossanitário.

**e) Outras Características importantes:**

Presença de processos ativos naturais (erosão, desprendimento, deslizamentos, etc.);  
Presença de cursos de água e nível do lençol freático; Paisagem (análise do entorno e forma de integração) e Topografia.

A escolha correta do material vegetal a ser usado no campo é a premissa fundamental para o sucesso das intervenções e este material deverá passar por avaliação específica do ambiente onde será utilizado.

**2.2.2 Escolha das espécies vegetais**

Para Sangalli, (2008) a determinação das espécies vegetais é de acordo com as condições do solo e clima da região e das características botânicas e fisiológicas das espécies. A autora destaca ainda a necessidade de se conhecer as características biotécnicas das espécies, ou seja, o conjunto de capacidades técnicas próprias de cada espécie relativas a: capacidade de colonizar solos degradados (espécie pioneira); capacidade de emissão de raízes adventícias; capacidade de enraizamento de estacas e ramos; resistência à tração mecânica de raízes e brotos; capacidade de cobertura da superfície; capacidade de sobrevivência após o plantio e a resistência a encharcamento ou seca.

## 2.3 USO DE LEGUMINOSAS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A família Leguminosae é uma das maiores famílias botânicas e considerada uma das mais importantes dos trópicos, se distribui em uma grande diversidade de espécies com representantes herbáceos, arbustivos e arbóreos. A sua grande competitividade é atribuída a capacidade de associação simbiótica as bactérias fixadoras de nitrogênio. Esta simbiose permite a conversão do nitrogênio (N) do ar atmosférico e sua transferência para a planta em forma assimilável pela atuação do rizóbio presente em nódulos nas raízes (FRANCO et al., 2003). Ainda segundo os autores essa associação pode incorporar mais de 500 Kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N ao sistema solo-planta que é um dos nutrientes que mais limitam o estabelecimento e desenvolvimento dos vegetais, juntamente com o fósforo (P).

Segundo Franco et al., (1992), as espécies da família Leguminosae apresentam grande capacidade de adaptação aos diversos biomas brasileiros e devido a sua capacidade de associação com bactérias fixadoras de nitrogênio, podem se estabelecer em solos pobres em nutrientes. Destacam ainda sua importância como espécies capazes de se desenvolver, incorporar, reciclar o carbono (C), o nitrogênio (N) e outros nutrientes, principalmente em solos pobres, possibilitando a colonização da área por outras espécies mais exigentes quanto às características de solo. Como vantagens das leguminosas, do ponto de vista econômico e ambiental, citam a redução do uso de fertilizantes nitrogenados minimizando o risco de contaminação do ecossistema.

Estudos demonstram que o uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas tem dado bons resultados. De acordo com Fortes et al., (2004), o sistema radicular em

espécies arbóreas permite a absorção e acúmulo de nutrientes de uma grande parcela de solo que é distribuído por toda a superfície via serapilheira. Destacam ainda, que estas espécies apresentam grande possibilidade de se estabelecerem em condições de solos pobres, principalmente em fósforo (P) devido à capacidade de simbiose eficiente com o *rizobium* e associação com fungos micorrízicos. Outra importante contribuição do uso de plantas leguminosas arbóreas ocorre pelo aporte de matéria orgânica, através da deposição de suas folhas e galhos senescentes, podendo vir a melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo.

Áreas degradadas por processos erosivos, não apresentam mais uma matriz de solo e sim de material mineral com uma estrutura física pobre, onde na maioria das vezes, não há matéria orgânica. A recuperação por meio da cobertura vegetal dará inicio a um processo de alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas deste solo, primeiro pela atividade rizosférica das raízes e na sequência pelo aporte de serapilheira.

Neste contexto o plantio de espécies leguminosas arbóreas atende as necessidades de rápido estabelecimento, da oferta contínua de nitrogênio, elevada deposição de serapilheira, aumento da população microbiana, além de mudanças micro ambientais, (sombra, retenção de umidade e redução de temperatura), que atuam como ativadoras e reguladoras dos recursos disponíveis, de forma, a permitir o surgimento de espécies mais exigentes (FRANCO et al., 2001).

Trabalhos recentes da Embrapa Agrobiologia apresentam bons resultados da utilização de plantas leguminosas arbóreas, com capacidade de simbiose para uma rápida recuperação dos solos degradados. O que justifica a importância do plantio destas espécies para a utilização da sua biomassa com ênfase na recuperação da matéria orgânica do solo e da fertilidade.

A gliricidia (*Gliricidia sepium*) se apresenta como uma leguminosa em potencial para recuperação de áreas degradadas por ser uma espécie de rápido crescimento e com produção expressiva de biomassa com altas concentrações de nutrientes.

## **2.4 FORMAS DE PROPAGAÇÃO DAS ESPÉCIES VEGETAIS**

A escolha das espécies e da melhor forma de adaptação destas plantas no ambiente deve fazer parte de estudos básicos aplicados no campo. A forma de propagação é de grande importância de acordo com a finalidade do plantio.

Mudas produzidas a partir de sementes apresentam um sistema radicular bem formado, mas necessitam de períodos mais longos de tempo, que variam de acordo com a espécie, para atingir a idade adulta. São importantes para povoar áreas degradadas (voçorocas) com o objetivo de recuperação do solo em longo prazo, no entanto são inviáveis na formação de barreiras para contenção de sedimentos. Quando se necessita de uma resposta mais rápida, as mudas produzidas de forma vegetativa, através de estacas, são as mais indicadas. Com este método obteremos plantas adultas em curto espaço de tempo, onde de acordo com as dimensões das estacas poderemos estar utilizando estas plantas com outras finalidades como no caso de formação de barreira viva para a contenção de sedimentos.

Na pesquisa de campo é importante que se avalie o pegamento e o estabelecimento das mudas de acordo com a forma de propagação, principalmente quando estamos trabalhando com finalidades distintas, ou seja, povoamento de voçoroca para recuperação do solo e formação de barreira viva para retenção de sedimentos.

A propagação tem por objetivo a perpetuação da espécie através de um conjunto de práticas. São dois os métodos de propagação: propagação sexuada baseada no uso de sementes e propagação vegetativa ou assexuada, baseada no uso de estruturas vegetativas.

#### **2.4.1 Propagação Sexuada**

A propagação sexuada é o processo de disseminação natural das espécies. É o principal mecanismo de multiplicação das plantas superiores e de praticamente todas as angiospermas. As plantas originadas da reprodução sexuada apresentam variabilidade genética devido à segregação e a recombinação dos genes (FACHINELLO et al., 2005).

A grande desvantagem da propagação sexuada, além da segregação genética é o longo período para que esta planta atinja a sua maturidade. Na natureza, a segregação genética possibilita a adaptação contínua das espécies ao meio, só os indivíduos melhor adaptados tendem a deixar descendentes. Pela propagação sexuada obtém-se maior taxa de multiplicação, tendo em vista o grande número de sementes formadas. A semente é utilizada para a preservação de espécies, sendo também, um meio de propagação menos dispendioso. A propagação sexuada é um método eficiente para gerar indivíduos livres de doenças, que não são transmitidos através das sementes.

Os indivíduos formados a partir de sementes apresentam o fenômeno da juvenilidade, uma fase de longa duração onde a planta não responde aos estímulos indutores do florescimento. Apresentam ainda, um desenvolvimento mais vigoroso e maior longevidade que pode estar associado ao sistema radicular pivotante, mais vigoroso e mais profundo (FACHINELLO et al., 2005).

Pasqual, (2000) destaca que plantas que produzem sementes apresentam um ciclo de vida que compreende uma fase vegetativa e outra reprodutiva, com as seguintes etapas:

“germinação da semente; crescimento vegetativo; indução da floração; iniciação e desenvolvimento da flor; floração; desenvolvimento do fruto e da semente; maturação do fruto e disseminação da semente”.

#### **2.4.1.1 Semente**

Sob a ótica da Morfologia Vegetal, semente é o órgão que contém o embrião, em geral produzido pela fecundação sexuada. Os elementos básicos da estrutura da semente são: tegumento, embrião e tecido de reserva. A cobertura protetora da semente pode consistir apenas do tegumento ou em alguns casos também do pericarpo e têm funções, reguladora, delimitante e ainda de proteger o embrião e as reservas contra injúrias mecânicas e desidratação. O embrião ou eixo embrionário é a parte vital da semente e tem a função reprodutiva com capacidade de iniciar divisões celulares e crescer. O embrião das dicotiledôneas é composto por dois cotilédones e pelo eixo embrionário composto de três partes: a plântula, o hipocótilo e a radícula. O tecido de reserva é a fonte de energia e de substâncias orgânicas necessárias ao embrião para o seu desenvolvimento. Estas reservas podem localizar-se nos cotilédones, no endosperma ou no perisperma (POPINIGIS, 1985).

#### **2.4.1.2 Germinação das sementes**

Germinar significa começar a desenvolver. A germinação da semente corresponde ao desenvolvimento do embrião, início de uma nova planta.

De acordo com Pasqual, (2000 p. 3)

A germinação comprehende uma complexa sequência de mudanças bioquímicas, morfológicas e fisiológicas, distinguindo-se as seguintes etapas: embebição, atividade enzimática e respiratória, digestão, translocação, assimilação e crescimento. A germinação das sementes é afetada por fatores internos (potencial genético da espécie, dormência, qualidade fisiológica da semente - caracterizada pelo vigor e viabilidade) e externos (disponibilidade de água na semente e no substrato,

luz, disponibilidade de gases - principalmente oxigênio, uma vez que a germinação requer alta atividade respiratória e temperatura).

Em algumas plantas as sementes germinam quando ainda estão no fruto, presas às plantas matrizes (mãe), outras o fazem tão logo o fruto se abra e expulse a semente. Entretanto, há aquelas que, mesmo sendo viáveis e tendo condições ambientais favoráveis, não germinam. É o fenômeno da dormência, que se constitui de um mecanismo de sobrevivência das espécies que retardam a sua germinação permitindo a distribuição das sementes germinadas ao longo do tempo.

#### **2.4.1.3 Cuidados com a propagação sexuada**

As Plantas matrizes devem apresentar todas as características da espécie ou cultivar, serem vigorosas, produtivas, em bom estado fitossanitário e apresentarem boa qualidade das sementes. Devem ser selecionados frutos saudáveis.

Tomar o cuidado para evitar danos às sementes que são selecionadas para conferir o máximo de uniformidade às novas mudas.

##### **2.4.1.3.1 Semeadura**

Realizada diretamente nos recipientes (sacos plásticos, tubetes) evitando o uso de sementeiras. Deve ser adotada sempre que possível, porque oferece algumas vantagens: simplificam as operações, evita danos à raiz e traumas na repicagem, além de apressar o processo de produção de mudas. Sua execução é mais fácil com sementes de tamanho médio, de fácil manipulação e de porcentagem de germinação conhecida. O número de sementes por recipiente varia de 2 a 5, dependendo do seu poder germinativo. Após o plantio as sementes

devem ser cobertas com o substrato do próprio recipiente ou areia e irrigar bem. Como regra geral as sementes podem ser enterradas até três vezes o seu tamanho. Neste caso também é aconselhável se molhar abundantemente os recipientes um dia antes de receberem as sementes. Em torno de 15 a 30 dias após a germinação proceder ao desbaste, deixando-se apenas uma muda (a mais vigorosa) por recipiente.

Caso haja necessidade pode ser realizada em sementeiras a lanço ou em linha com posterior repicagem para embalagens individuais. O leito para germinação deve ser preparado de forma que sejam conferidas condições de umidade, drenagem (aeração) e contato com a semente, especialmente se a semente for muito pequena (BIULCHI, 2006).

#### **2.4.2 Propagação Assexuada ou Vegetativa**

É a multiplicação de plantas sem o envolvimento de gametas, que consiste em retirar um fragmento de uma planta com características agronômicas desejáveis e reproduzi-la na sua totalidade formando um novo indivíduo (BIULCHI, 2006). Este tipo de propagação baseia-se em dois princípios; Totipotencialidade: as células contêm toda a informação genética necessária para gerar um novo indivíduo; e Regeneração celular: os tecidos e as células somáticas apresentam capacidade de regeneração de órgãos adventícios (PASQUAL, 2000).

Quando se deseja multiplicar um genótipo altamente heterozigoto com características superiores, o uso da propagação vegetativa é de grande importância. De modo geral, toda a planta produzida por meio vegetativo apresenta-se geneticamente idêntica a planta mãe (PAIVA e GOMES, 2001). Segundo Fachinello et al., (2005) na propagação vegetativa o vegetal é regenerado a partir de células somáticas, sem alterar o genótipo, permitindo a formação de clones onde os indivíduos formados apresentam as mesmas características da planta mãe com idênticas necessidades edafoclimáticas, nutricionais e de manejo.

Pasqual, (2000) destaca ainda, que a sequência de desenvolvimento das plantas propagadas vegetativamente, normalmente é a mesma das plantas propagadas por semente, com exceção da germinação da semente, porém o período vegetativo é menor, pois a planta matriz, de onde o material é retirado já se encontra na fase adulta. Destaca ainda que a propagação vegetativa possibilita a propagação de plantas que não produzem sementes botânicas viáveis.

#### **2.4.2.1 Estaquia**

É um dos mais importantes processos de propagação vegetativa. Estaquia é o termo utilizado para designar um processo de propagação onde ocorre a indução de raízes adventícias em segmentos da planta destacado da planta mãe, que em condições favoráveis originam uma nova planta. O termo estaca é utilizado para designar qualquer segmento de uma planta que contenha pelo menos uma gema vegetativa, capaz de originar uma nova planta, as estacas podem ser de ramos, raízes e folhas (FACHINELLO et al., 1995). A estaquia é um processo altamente desejável, pois as plantas originadas são idênticas entre si e a planta matriz, além de ser um método simples e rápido não requer técnicas especiais (PASQUAL et al., 2001).

A estaquia é considerada a técnica de maior viabilidade econômica para o estabelecimento de plantios clonais, permitindo a menor custo e em curto espaço de tempo, a multiplicação de genótipos selecionados. A estaquia de caule é o método de uso mais comum e difundido de propagação vegetativa por enraizamento. Através de segmentos de ramos que possuam gemas terminais ou laterais, colocados em condições adequadas, produzem raízes adventícias e novas plantas independentes (PAIVA e GOMES, 2001).

De acordo com Xavier, (2002), a estaca caulinar é a forma mais difundida de propagação vegetativa, são segmentos de ramos contendo gemas terminais e/ou laterais, podendo ser herbáceas, semilenhosas e lenhosas. O sistema radicular formado a partir de estaca constitui-se de raiz adventícia, pois esta é induzida em local diferente da formada no curso normal de seu desenvolvimento.

Segundo Fachinello et al., (2005) as raízes formadas na estaca são resposta ao traumatismo provocado pelo corte que atinge células do xilema e do floema. Esta lesão tende a cicatrizar formando uma massa de células parenquimatosas, denominado de calo, que representa o início do processo de regeneração. As células que se tornam meristemáticas dividem-se originando os primórdios radiculares e na sequência células adjacentes ao cambio e ao floema formam as raízes adventícias.

Plantas produzidas por estaca não apresentam raiz pivotante apenas raízes adventícias. A organização na estrutura das raízes adventícias e a sequência de seu desenvolvimento é muito semelhante àquelas das raízes verdadeiras, formadas a partir de sementes. A formação de raízes, em algumas espécies, é precedida pelo aparecimento de calos. O calo indica que as condições são adequadas ao enraizamento (PASQUAL, 2000).

Para o enraizamento de estacas alguns fatores devem ser observados: ambientais, o estado fisiológico da planta mãe, a maturação, tipo de estaca, local de origem na copa e época da coleta que influenciam principalmente na rapidez e capacidade de enraizamento. É importante destacar que os fatores internos (condição fisiológica e idade da planta mãe, época do ano e tipo de estaca) e externos (umidade temperatura luz e substrato) é que ditarão o sucesso da propagação (PAIVA e GOMES, 2001).

Em muitos casos, antes de ocorrer o enraizamento há o desenvolvimento das ramificações laterais, com formação de ramos jovens, à custa de reservas nutricionais armazenadas no corpo da estaca. De acordo com Xavier, (2002) visando obtenção de estacas

adequadas ao enraizamento, estas devem ser coletadas no seu máximo vigor vegetativo e de turgidez para suportar o estresse hídrico, pela dificuldade de reidratação dos tecidos sem a presença de raízes.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na parte sudoeste do município de Uberlândia, mais precisamente na Fazenda Experimental do Glória, sendo propriedade da Universidade Federal de Uberlândia (Figura 4). Esta área, com aproximadamente 680 hectares, é utilizada para atividades acadêmicas de cursos de Graduação e Pós-Graduação da UFU com experimentos em diversas áreas sendo conduzidos. A área escolhida para este estudo se apresenta com processo de voçorocamento avançado como pode ser observado na figura 5.





Figura 5. Imagem da voçoroca com destaque na área delimitada para o estudo. Fonte: Imagem Google Earth. Acesso em 05/09/10. (Org.: Biulchi, 2012).

O canal da voçoroca delimitado para a pesquisa (Figuras 5 e 6) se encontra a margem direita e apresenta uma área de 556,119 m<sup>2</sup> com profundidade máxima de 2,5 metros. Vale salientar que a margem direita é a que apresenta menor estabilidade, baixa taxa de infiltração e uma área de contribuição em torno de 15.000m<sup>2</sup>, com a junção destas características apresenta um grande potencial erosivo.

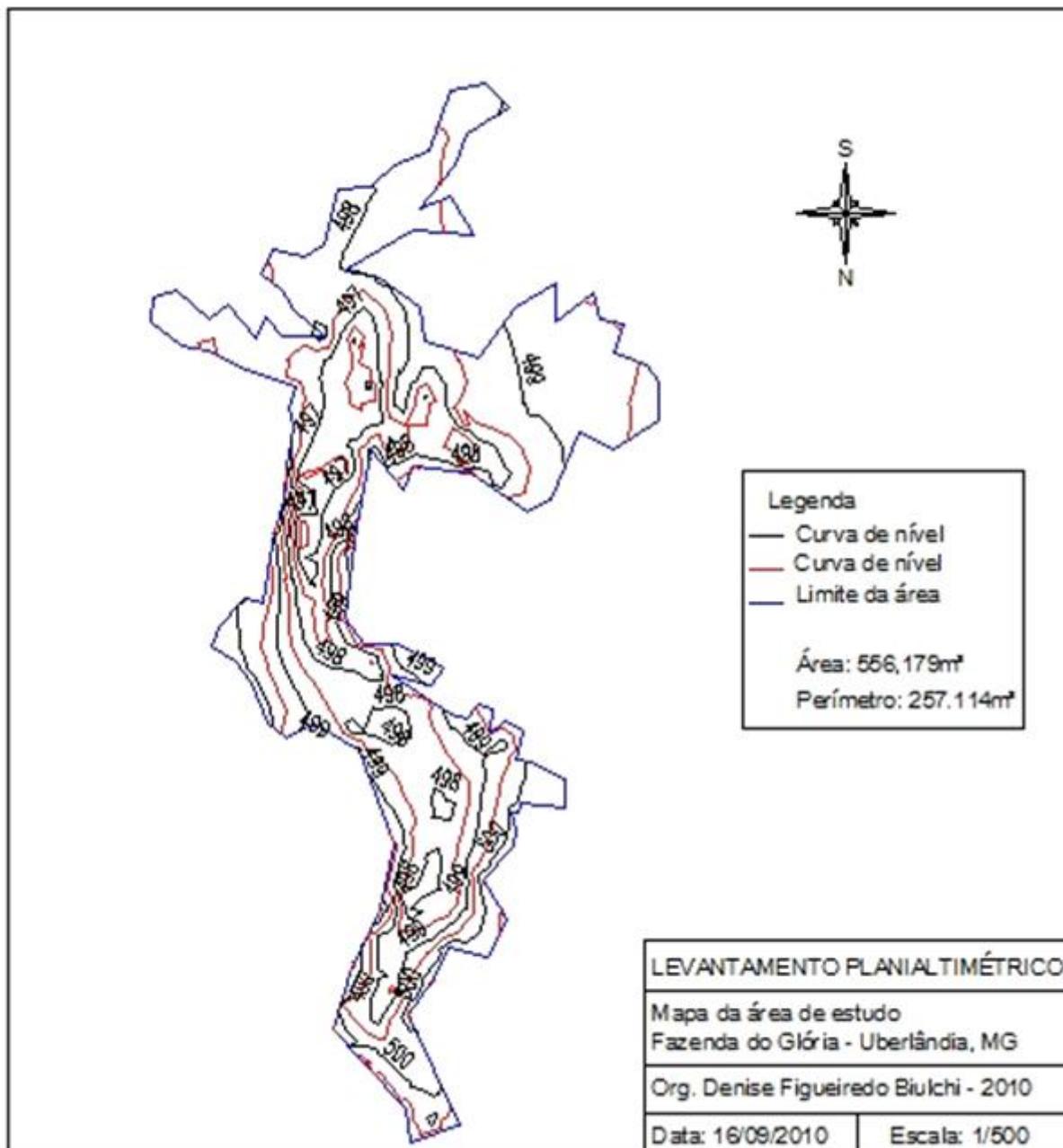


Figura 6. Mapa planialtimétrico da parcela utilizada no estudo, com área de 556,179 m<sup>2</sup> e altura máxima de 2,5 m. (Org.: Biulchi, 2010).

### 3.1 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

A região do Triângulo Mineiro faz parte de um conjunto geomorfológico denominado por Ab'Saber (1977), como Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central, situada nas chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná.

Baccaro, (1989) classificou quatro grandes unidades geomorfológicas no Triângulo Mineiro:

**a) Áreas de relevo intensamente dissecado**

Corresponde à borda da chapada Araguari-Uberlândia e se estende até o rio Paranaíba e Grande apresentando vertentes abruptas, corredeiras e cachoeiras. Apresenta uma porção mais elevada entre 700 e 800 m com topos aplainados e alongados. As maiores declividades se encontram nas porções das rupturas das vertentes e são de 25 a 40° relacionadas ao afloramento do basalto. Nas áreas de maior inclinação da vertente apresentam processos erosivos de ravinamento de alta intensidade.

**b) Áreas de relevo medianamente dissecado**

Apresenta topos nivelados entre 750 a 900 m com declividade que varia de 3 a 15°. Neste relevo os processos pluviais originam a montante uma intensa rede de canais difusos, ravinamentos e voçorocas. Onde a cobertura vegetal de cerrado é retirada as vertentes apresentam maior instabilidade e os processos erosivos são mais acelerados.

**c) Áreas de relevo com topos planos amplos e largos**

São áreas de baixa densidade de drenagem e vales com pouca ramificação de drenagem com declividade entre 3 a 5°. Nesta unidade se apresentam microformas de relevo (murundus), que são pequenas elevações nas periferias das planícies ou em depressões úmidas. São vales amplos de fundos úmidos. Apresentam menor intensidade de erosão acelerada.

**d) Áreas de relevo residual**

Apresenta bordas escapadas erosivas de até 150 m em contornos irregulares chegando a 45° de declividade. São as porções mais elevadas dos divisores de água, entre 800 e 900m, regiões denominadas de serras. Apresentam relevo intensamente dissecado. Os

processos de erosivos propiciam o carreamento bastante ativo dos sedimentos mais finos.

### **3.1.1 Geomorfologia na área de estudo**

Uberlândia, segundo Baccaro (1989), divide-se em três categorias de unidades geomorfológicas: área de relevo dissecado, área de relevo intensamente dissecado e área de relevo com topo plano. O local de estudo se localiza na unidade geomorfológica de área de relevo dissecado, com declividade média de 5 a 15%, em uma vertente de colina, que apresenta um comprimento de rampa de aproximadamente 1.000 m de forma predominantemente convexa. Na alta e baixa vertente a declividade está entre 5 a 15%, no entanto na média vertente é mais acentuada ficando entre 15 a 25%. A bacia hidrográfica do córrego do Gloria apresenta topos aplinados, vertentes longas com declividades leves, o que possibilita o uso de máquinas agrícolas.

Silva, (2006) destaca que a bacia hidrográfica do Córrego do Glória:

... está inserida dentro da paisagem denominada Planalto Tabular. Paisagem essa, resultado de atividades denudacionais e modelada por uma tipologia com forma convexa e tabular, a qual é bastante utilizada pelas atividades antrópicas, sendo alvo de uma grande substituição da vegetação original de Cerrado e de suas fitofisionomias, em detrimento, de uma agricultura intensiva, pecuária e expansão de área urbana da cidade.

A voçoroca (Figura 7) esta localizada em uma área de cascalheira inserida nos últimos 400 metros da vertente, onde a área de contribuição do fluxo superficial é de aproximadamente 21.000 m<sup>2</sup> (LEAL e RODRIGUES, 2011).

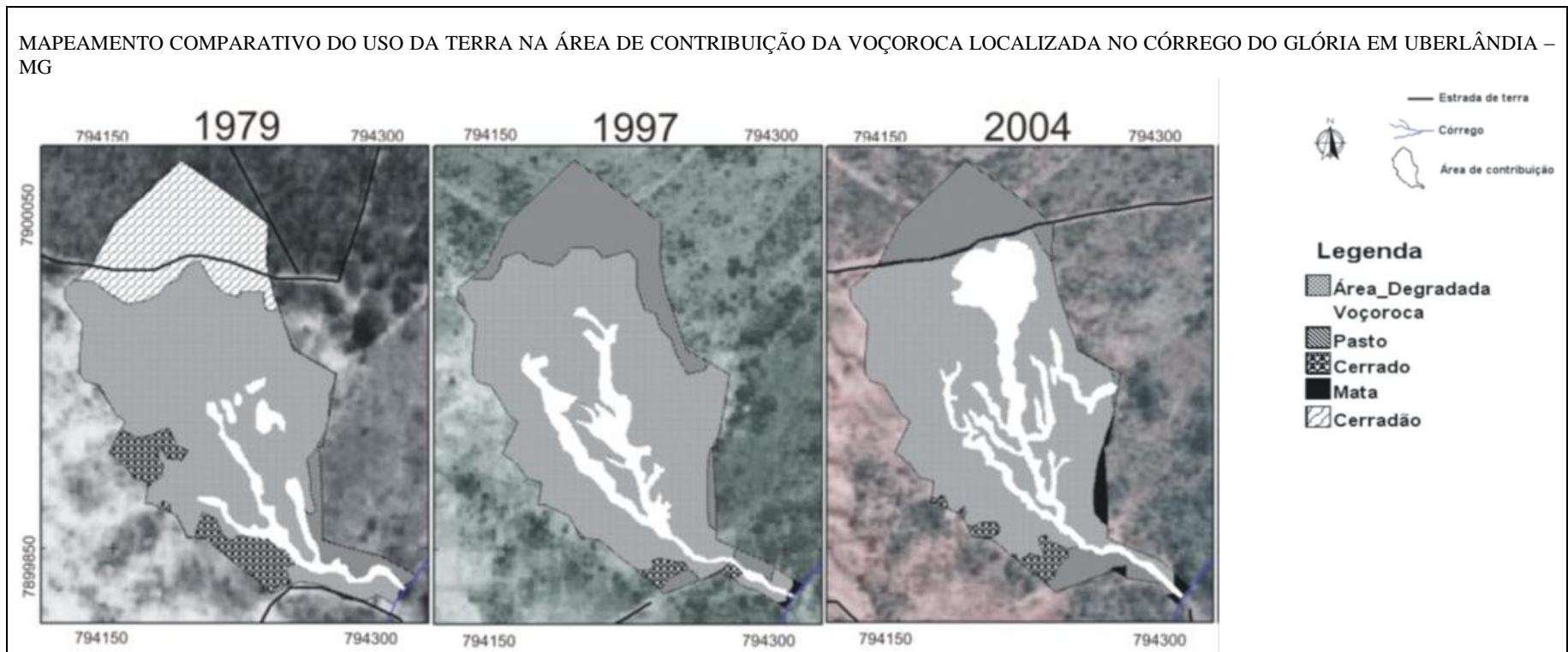


Figura 7. Imagem da área de contribuição da voçoroca, e sua evolução no período de 1979 a 2004. Fonte: Leal e Rodrigues (2011). adaptado por Biulchi, 2012

### **3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL**

O Triângulo Mineiro, quase na sua totalidade, está representado pelas litologias de idade Mesozoica (Jurássico e Cretáceo): representadas por arenitos da formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral, e as rochas do Grupo Bauru. Sendo o Grupo Bauru, no T. M., representado pelas formações Adamantina, Uberaba e Marília. Na bacia Sedimentar do Paraná a base deposicional é constituída de rochas dos Grupos, Araxá, Canastra e Bambuí e de rochas do Complexo Goiano.

Nishiyama, (1989) caracterizou diversas unidades geológicas no Município de Uberlândia: a) Complexo Goiano – ocupa uma faixa estreita as margens do rio Araguari e os tipos litólicos deste complexo são os mais antigos da região; b) Grupo Araxá – Este grupo se apresenta nos vales do rio Araguari e Uberabinha com maior expressão ao longo do vale do rio Araguari; c) Formação Botucatu – os arenitos desta formação tem pequena expressão no Município. A sua maior extensão não ultrapassa a dezenas de metros e estão localizados as margens do rio Araguari; d) Formação Serra Geral – Esta formação está amplamente distribuída na região do T. M. No Município de Uberlândia o basalto da Formação Serra Geral se encontra aos longos dos vales dos rios Araguari, Uberabinha e seus afluentes, Tijuco e Douradinho; e) Formação Adamantina – É representada no Município pelos arenitos de granulação média e grossa de coloração marrom, marrom–avermelhada e marrom arroxeadas e avermelhadas. Os locais onde se apresentam são nos vales dos rios ou nas voçorocas onde a cobertura subjacente foi erodida. f) Formação Marília – Esta formação é caracterizada por camadas espessas de arenitos imaturos e conglomerados superpostos aos níveis carbonáticos e afloram em áreas extensas na região do T. M. Em Uberlândia esta formação apresenta uma

extensão expressiva, a sudeste é limitada pelos rios Araguari e Bom Jardim estendendo-se rumo ao sul para o município de Uberaba, para o Norte seguindo em direção aos distritos de Martinésia e Cruzeiro dos Peixotos e para o oeste no sentido dos Municípios de Monte Alegre de Minas e Tupaciguara. g) Cenozoico – os sedimentos da idade Cenozoica recobrem quase que a totalidade do município de Uberlândia, aparecendo em todos os níveis topográficos, sendo constituídos de leitos de cascalheiras. A cimentação incipiente destes sedimentos tem provocado à erosão acelerada dos solos, nas áreas de sua ocorrência. As bacias dos rios Tijuco, Estiva, Douradinho e córrego do Panga são as áreas mais atingidas.

### **3.2.1 Geologia na área de estudo**

Na bacia hidrográfica do Córrego do Glória, encontram-se os sedimentos da idade Cenozoica, que de acordo com Nishiyama, (1989), recobrem quase que a totalidade do município de Uberlândia e ocupa todos os níveis topográficos, sendo constituídos de leitos de cascalheiras (Figura 8) e a sua cimentação incipiente contribui com a formação de processos erosivos de grande intensidade.

A voçoroca se localizada em uma área de contato geológico entre o Grupo Bauru e o Grupo São Bento (ALVES, 2007).

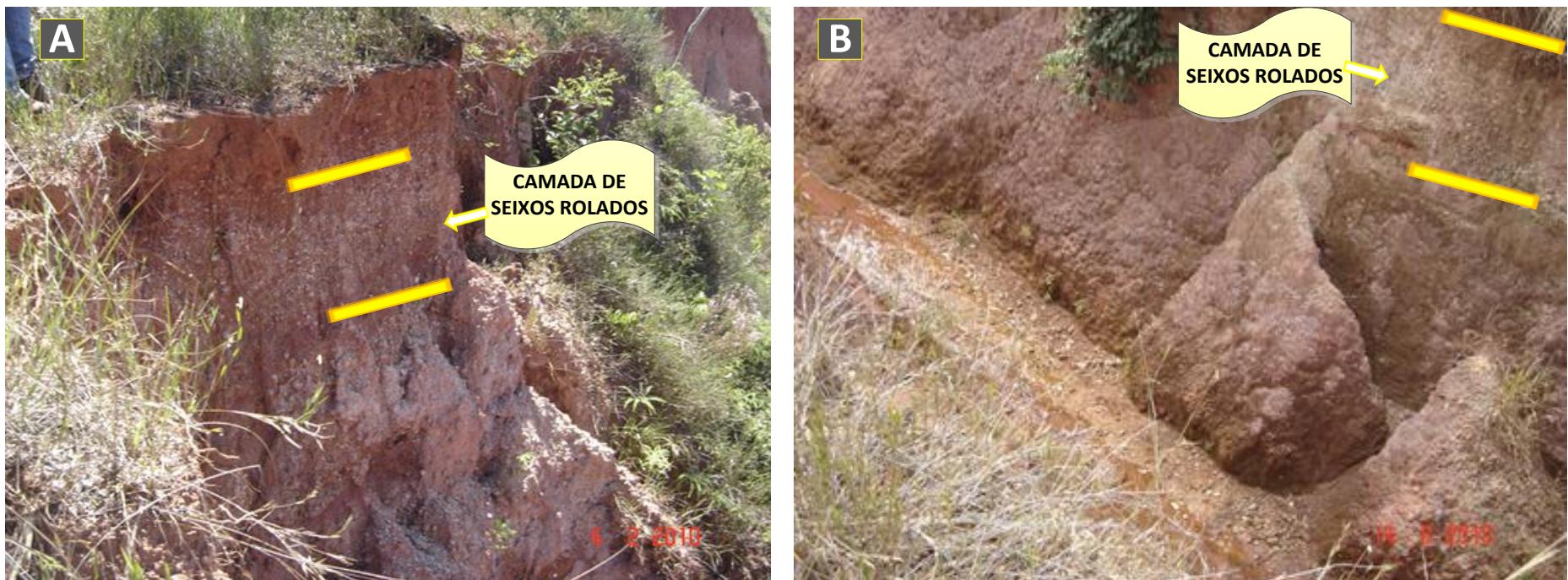


Figura 8. Imagem do canal na baixa vertente. As figuras A e B mostram uma camada de seixos rolados no perfil do solo.



Figura 9. Área de afloramento basáltico. A figura A mostra a visão parcial de uma cachoeira localizada no leito do canal que recebe os fluxos da voçoroca, onde se verifica a Formação Basáltica. A figura B mostra a região onde ocorrem os afloramentos basálticos. Fonte: Imagem Google Earth. Acesso em 06/03/12. (Org.: Biulchi, 2012).

De acordo com Alves (2007), na área da voçoroca se encontram “resquícios de arenitos intercalados por lentes de siltitos e argilitos” estes ocorrem principalmente no médio curso da voçoroca. O autor destaca ainda que devido ao intemperismo, atualmente se verificam poucas características estruturais originais da rocha. No leito do canal, na região do baixo curso da voçoroca afloram os basaltos da Formação Serra Geral (Figura 9).

É importante destacar o comportamento do lençol freático no decorrer do ano. A voçoroca apresenta afloramento do lençol (exudações) durante o ano todo na área de cabeceira e no canal principal, nos canais secundários (voçorocas menores), as exudações ocorrem a partir do início das chuvas diminuindo de julho a setembro (Figura 10).

Segundo Alves (2007), nesta área existem as condições ideais para o afloramento das águas subterrâneas: a) a voçoroca esta localizada em região de média para baixa vertente, b) sobre contatos litológicos permeáveis e c) com uma extensa área a montante para alimentar o lençol freático. Destaca ainda, que durante o período chuvoso, o lençol é constantemente abastecido refletindo no aumento da taxa de vazão e que no período de seca, a taxa de vazão diminui e as exudações são resultantes da água que foi acumulada durante as chuvas.

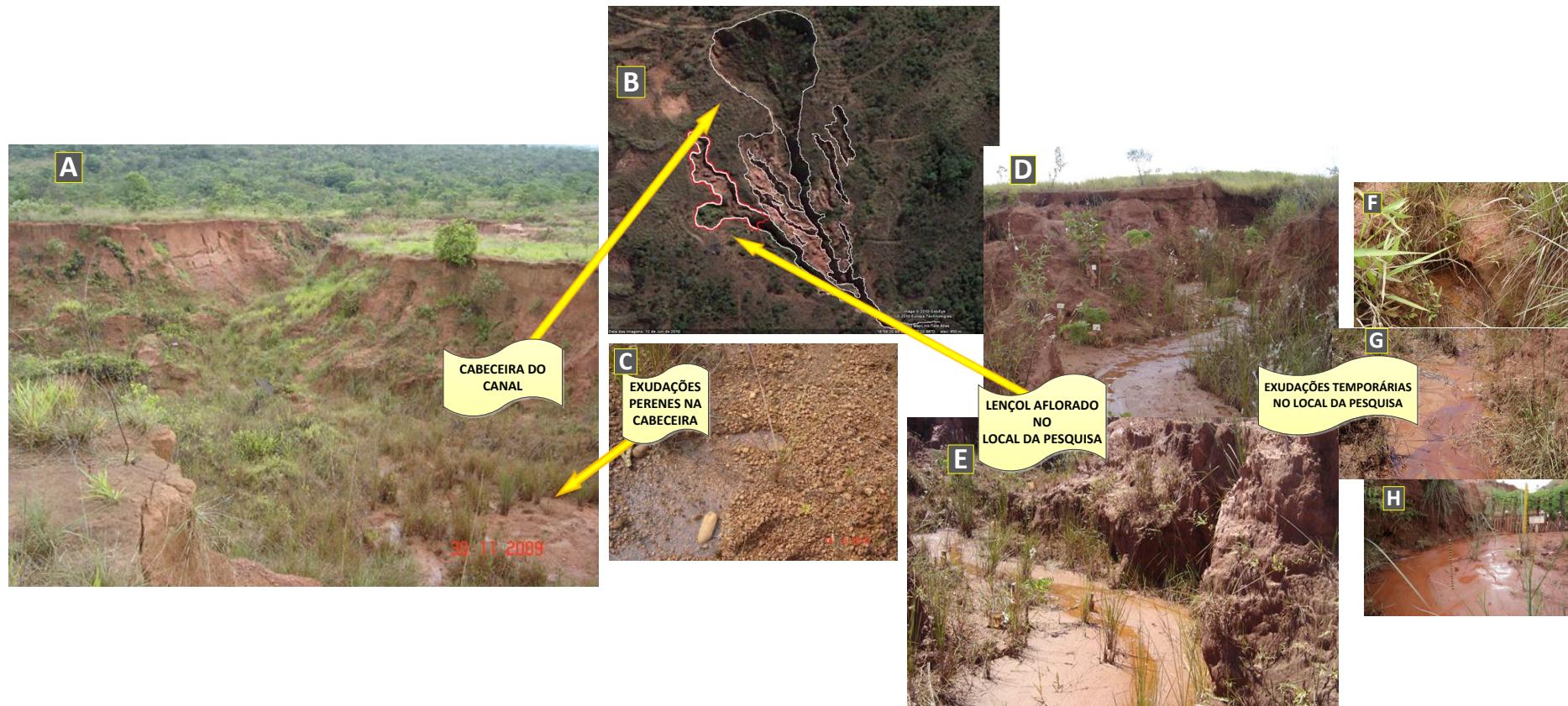


Figura 10. Ilustração dos locais de exudação na área de estudo. A figura A mostra a cabeceira do canal e sua localização é observada na figura B. A figura C é a ampliação do solo na cabeceira mostrando a exudação no local. As figuras C e D mostram o lençol aflorado dentro do canal na área da pesquisa e sua localização observada figura B. As figuras F, G e H são pontos de exudação dentro do canal de pesquisa.

### 3.3 CLIMA

O clima da região é caracterizado por épocas sazonais bem definidas, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso, com inverno seco, dominado predominantemente pelos sistemas intertropicais e polares. O município está sob a influência de circulação dos sistemas atmosféricos tropicais e é influenciado pelas massas de ar originárias do Sul (Frente Polar Antártica e Massa Polar), leste (ondas do leste) e oeste (instabilidade tropical), sofrendo também influência das zonas de convergência do Atlântico Sul, responsáveis pelas chuvas intensas e prolongadas. (BEZERRA, 2006). Silva, (2004 p. 97) destaca que segundo a classificação dos macroclimas do Brasil, a cidade de Uberlândia, localiza-se em uma região de clima subquente, com médias térmicas variando de 19ºC a 27ºC e pluviosidade média em torno de 1500 mm/ano.

Em análise do clima de Uberlândia, no período de 1981 a 2003, Silva (2004), constatou que a média mensal de temperatura na cidade, foi de 22,3ºC.

#### 3.3.1 Chuva

Quanto ao regime pluviométrico, este se apresentou bem caracterizado e com chuvas concentradas de outubro a março que representaram no período de estudo, 86,7% do total da precipitação anual. Os meses de dezembro (318, 92 mm), seguido por janeiro (311,6 mm), foram os que apresentaram as maiores médias anuais e a menor média registrada foi de 8,7 mm no mês de junho. A média dos totais pluviométricos anuais no período de 1981 a 2003 foi de 1583,6 mm, sendo a maior ocorrência registrada em 1982 com 2.220,1 mm e a menor em

1990 com 1.012,6 mm. A média da umidade relativa foi de 71% e a variação entre o maior e a menor amplitude média anual foi de 21% e de acordo com o autor no período de estudo (1981 a 2003) a menor média registrada ocorre no mês de agosto com 58% e a maior nos meses de janeiro e dezembro com 80% de umidade relativa.

### **3.4 VEGETAÇÃO**

O Domínio Morfoclimático do Cerrado é caracterizado por chapadões cobertos por vegetação de cerrado e penetrado por floresta-galeria ao longo dos cursos d’água (AB’ SÁBER, 1977).

O Triângulo Mineiro esta inserido no Domínio Morfoclimático do Cerrado, bioma que ocupa cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup>. Atualmente, com a expansão agrícola que ocorreu durante e após a década de 70, se encontra extremamente fragmentado. O Cerrado naturalmente apresenta um mosaico de fitofisionomias vegetais que englobam formações florestais, savânicas e campestres. A predominância por espécies arbóreas compõe o tipo fisionômico de florestas. (COURA et al., 2009).

De acordo com Barbosa, (1996) o Domínio Morfoclimático do Cerrado foi subdividido em seis subsistemas: campos, cerrado *stritu sensu*, cerradão, mata mesofítica, matas ciliares e veredas.

Segundo Biulchi e Abdala (2011), a savana apresenta formas de vegetação escleromorfa e compostas por várias estruturas segundo um gradiente fisionômico. São formadas por fisionomias campestres (campo limpo e sujo) e arbustivas (campo cerrado e cerrado *stritu sensu*), sujeitas ao fogo e que apresentam arbustos tortuosos e árvores baixas com cobertura contínua de gramíneas. O campo sujo e limpo é formado por gramíneas,

pequenos arbustos e ervas. Apresenta uma fisionomia aberta com predominância de herbáceas e graminóides, com ocorrência de indivíduos lenhosos esparsos.

O cerrado *stritu sensu* e campo cerrado apresenta uma fisionomia rala com árvores baixas e estrato graminóide contínuo, sujeito ao fogo anual; é uma fisionomia rústica e agressiva, em geral associada com o relevo.

A floresta (mata estacional semidecídua mais cerradão) se vincula com o clima tropical, que, com duas estações distintas, condiciona a estacionalidade foliar das espécies arbóreas dominantes.

O cerradão é uma floresta com um dossel entre 10 e 18 metros que se distingue das matas secas estacionais por causa da composição florística e da esclerofilia.<sup>1</sup> Esta fisionomia está diretamente relacionada a solos profundos e lixiviados em clima tropical estacional, apresenta ainda espécies lenhosas perenes ou semidecíduas de caules tortuosos e com ramos irregulares. Apresenta a fisionomia de floresta, mas é composta por uma flora típica do cerrado a exemplo do pequi (*Caryocar brasiliense*), pau-terra (*Qualea grandiflora*, *Q. parviflora*) e angico-do-cerrado (*Anadenanthera perigrina*), em geral em solos arenosos pobres onde algumas espécies perdem as folhas, sobretudo no inverno (BIULCHI e ABDALA, 2011).

As matas ciliares ou florestas ciliares, independentemente da área ou região de ocorrência e de sua composição florística, desenvolvem-se às margens de rios ou cursos d'água e incluem todos os tipos de vegetação arbórea. As matas ciliares, com esta denominação, são encontradas em todos os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do país.

---

<sup>1</sup> A esclerofilia tem aspectos morfológicos que abrangem a planta toda, provocando um acentuado espessamento de paredes celulares de vários tecidos, que variam conforme as espécies consideradas e os ambientes onde desenvolvem (RIZZINI, 1997).

Mata Mesofítica ou Mata Seca são as formações florestais de interflúvio. A umidade é suficiente para o desenvolvimento vegetativo das espécies. Estas matas apresentam níveis diferenciados de persistência das folhas em função do tipo e profundidade do solo.

As veredas são formadas por espécies adaptadas a solos hidromórficos. A espécie característica deste ambiente é a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* (buriti) em meio a agrupamento de espécies arbustivo herbáceas. Para Ramos et. al., (2006) “as veredas são subsistemas úmidos que participam do controle do fluxo do lençol freático, desempenhando um papel fundamental no equilíbrio hidrológico dos cursos d’água no ambiente do cerrado e destacam que na Região do Triângulo Mineiro, elas ocorrem em diferentes superfícies geomórficas e em grande densidade.

As diferenças fitofisionômicas do cerrado foram caracterizadas com base na densidade dos extratos arbóreos, arbustivos e herbáceos. Como principais tipos fisionômicos destacam-se: Matas Estacionais Semidecíduas e Decíduas, Matas de Galeria ou Ciliares, Cerradão, os tipos savânicos como Cerrado Stricto, Campo Sujo e Campo Limpo, os Campos Úmidos e as Veredas.

### **3.4.1 Vegetação na área de estudo**

A vegetação da Fazenda do Glória é composta por remanescentes de cerrado. Pode-se observar o cerrado *stritu sensu* distribuído entremeio às áreas de pastagens, matas ciliares junto a cursos de água e algumas ilhas de cerradão e matas mesofíticas. A vegetação nativa com o decorrer do tempo foi dando lugar à produção agropecuária, salvo algumas áreas de APPs (áreas de preservação permanente).

A área de estudo foi isolada, com cercamento de arame liso e porteira de acesso, para as pesquisas do LAGES (Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos) do Instituto de

Geografia da UFU e é possível verificar que nesta área, ainda há resquício da pastagem cultivada, no entanto, o cerrado esta desenvolvendo e se recompondo lentamente. Na baixa vertente a mata ciliar margeia o Córrego do Glória e é possível observar mais adiante matas secas semidecíduas (Figura 11).

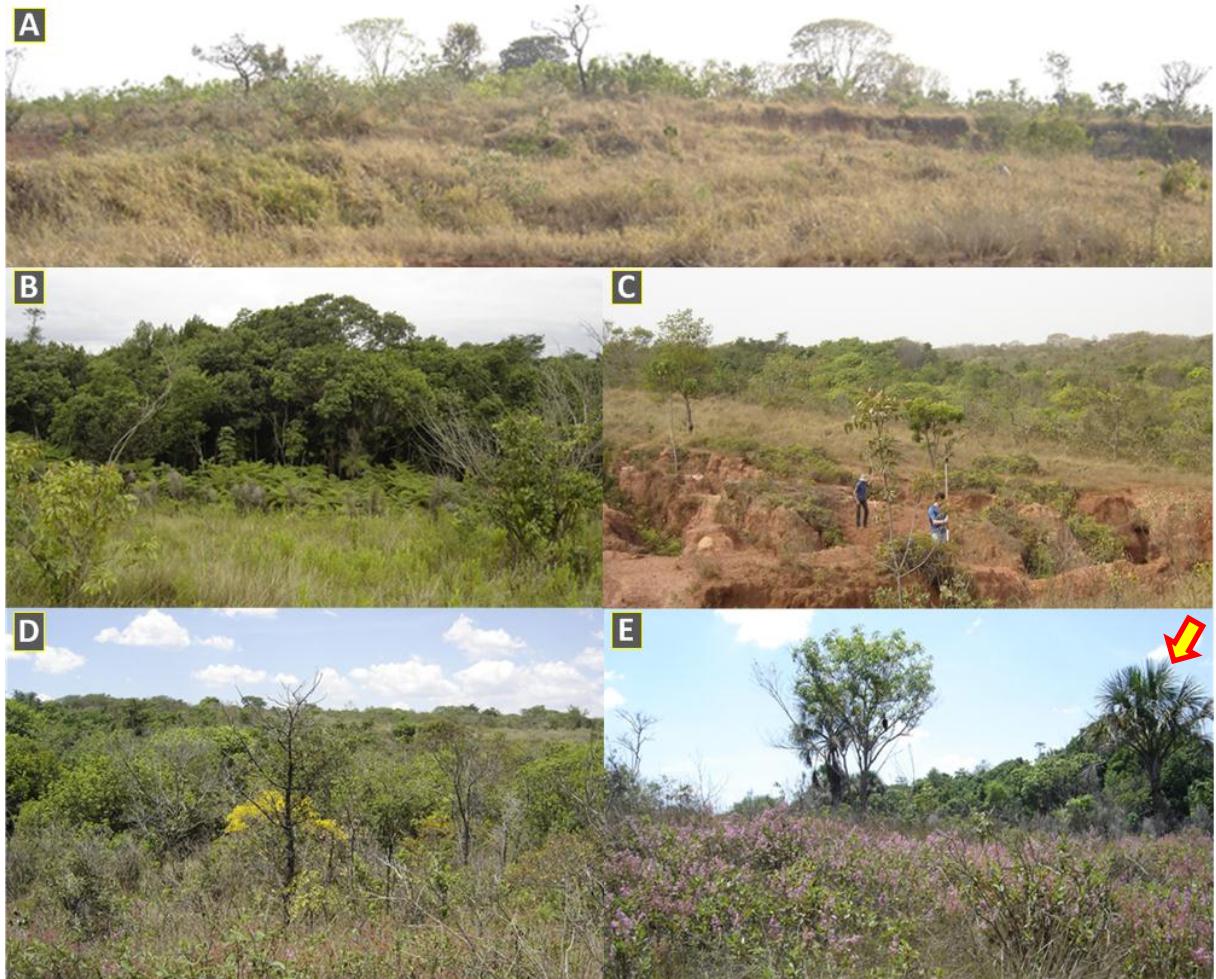


Figura 11. Visão geral da vegetação na área do entorno da voçoroca. A figura A mostra área a montante do canal de estudo com cobertura de braquiária e cerrado *stricto sensu* em fase de regeneração. Na figura B mata ciliar localizada na baixa vertente. A figura C mostra parte da área degradada e mais ao fundo mata mesofítica. A figura D mata mesofítica e a figura E, início da mata ciliar, na baixa vertente apresentando exemplares de buriti (*Mauritia flexuosa*).

## 3.5 SOLOS

Para Rodrigues e Nishiyama (2001), os solos na Região do Triângulo Mineiro “caracterizam-se por apresentar forte intemperismo, grande profundidade, boa drenagem e permeabilidade e elevada fração de areia” apresentando uniformidade no que se refere à coloração. De modo geral, apresentam baixa fertilidade natural, baixos teores de matéria orgânica e elevada acidez.

Na área do município de Uberlândia predominam os solos do tipo Latossolo Vermelho-Escuro álico e distrófico; Latossolo Vermelho-amarelo eutrófico; Latossolo Roxo distrófico e eutrófico; Gleí Húmico e Pouco Húmico álico e distrófico; e Areia Quartzosa álica (RADAMBRASIL, 1983).

### 3.5.1 Solos na área de estudo

Na área de estudo, que representa uma pequena parte da fazenda do Glória os solos bem estruturados se apresentam apenas em dois locais: a montante onde ocorre o Latossolo Vermelho Amarelo e próximo a foz, na região dos basaltos onde se encontram Neossolos Litólicos. Na área intermediária encontramos um material saprolizado a partir de arenitos, com pouca estrutura e sem agregação, apresenta também várias camadas de sedimentos formadas por seixos rolados intercalados por pequenos grãos de quartzo (ALVES, 2007).

Silva, (2010) caracterizou o solo na área de estudo, fazendo o reconhecimento dos horizontes em perfil realizado no barranco em um dos canais erosivos secundários. Cada camada ou horizonte foi amostrado em função de diferenças estruturais e macroscópicas para

caracterização física do material. Nas Tabelas (1, 2 e 3) apresentou os atributos físicos dos solos da área de estudo, mais especificamente dos canais secundários (voçorocas menores) onde foi removida a porção superficial do solo constituída de seixos rolados.

Tabela 1 - Algumas características físicas de horizontes/camadas expostos pelo voçorocamento dos canais erosivos (solo truncado) em área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG. Fonte: Adaptado de Silva, 2010.

Horizontes	Prof. (cm)	Dr (g/cm <sup>3</sup> )	Da (g/cm <sup>3</sup> )	P total (%)	Ag	Af	Silte	Arg.	Sil/Arg	Cascalho	Calhaus
					$\text{g kg}^{-1}$						
BC	0-54	2,6	-	-	250	450	40	260	0,15	26%	5%
2C	54-78	2,48	-	-	230	470	100	200	0,51	-	-
3C	78-105	3,0	-	-	180	500	100	220	0,47	-	-
4C	105-129	3,0	1,78	35	210	450	150	200	0,74	-	-
5C	129-148	2,69	-	-	200	500	120	180	0,68	-	-

Nº amostra= número da amostragem no perfil do solo; Prof= Profundidade no perfil do solo; Dr.= Densidade real; Da= Densidade aparente; P total= Porosidade total; Ag = areia grossa; Af = areia fina; Arg = argila; Sil/Arg = relação silte/argila.

Tabela 2 - Características físicas do horizonte (Bw), expostos pelo voçorocamento na cabeceira da voçoroca principal na área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG. Fonte: Adaptado de Silva, 2010.

Horizontes	Prof. (cm)	Densidade real	Densidade aparente	Porosidade total (%)
		(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	
Bw	45 - 70	2,69	1,42	47

Tabela 3 - Características físicas do horizonte (Bw), expostos pelo voçorocamento na cabeceira da voçoroca principal na área de estudo na Fazenda Glória, Uberlândia-MG. Fonte: Adaptado de Silva, 2010.

Horizonte	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Sil/Arg
	$\text{g kg}^{-1}$				
Bw	290	470	40	200	0,18

Tabelas 2 e 3: Nº amostra= número da amostragem no perfil do solo; Prof= Profundidade no perfil do solo; Dr.= Densidade real; Da= Densidade aparente; P total= Porosidade total; Ag = areia grossa; Af = areia fina; Arg = argila; Sil/Arg = relação silte/argila.

Observou-se que este solo, excluída a porção superficial constituída de calhaus, apresentou uma constituição essencialmente arenosa com cerca de 70 % de areias o que propicia a evolução da voçoroca, pois esta característica textural implica em alta friabilidade do solo. “Coerentemente, observa-se (Tabelas 1 e 3) que a relação silte/argila é menor nos horizontes pedogenéticos (Bw e BC) do que nas camadas (2, 3, e 5C)” (SILVA, 2010).

## **4. METODOLOGIA DA PESQUISA**

A metodologia utilizada para a realização da pesquisa foi dividida em quatro etapas, iniciando com a busca bibliográfica para auxiliarem na escolha dos procedimentos e medidas a serem implantadas no decorrer do estudo e na sequência a utilização de procedimentos técnicos de campo e análises de laboratório.

### **4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para o desenvolvimento deste estudo, foram necessários levantamentos bibliográficos mais detalhados para conhecer os trabalhos realizados nesta área e para utilizar como norteadores na fase inicial da pesquisa (Figura 12). Assim foram pesquisados conteúdos relacionados a processos erosivos, bioengenharia dos solos, recuperação de voçorocas, uso de espécies leguminosas arbóreas em áreas degradadas, formas de propagação de espécies vegetais e espécies nativas e exóticas para uso em áreas degradadas.

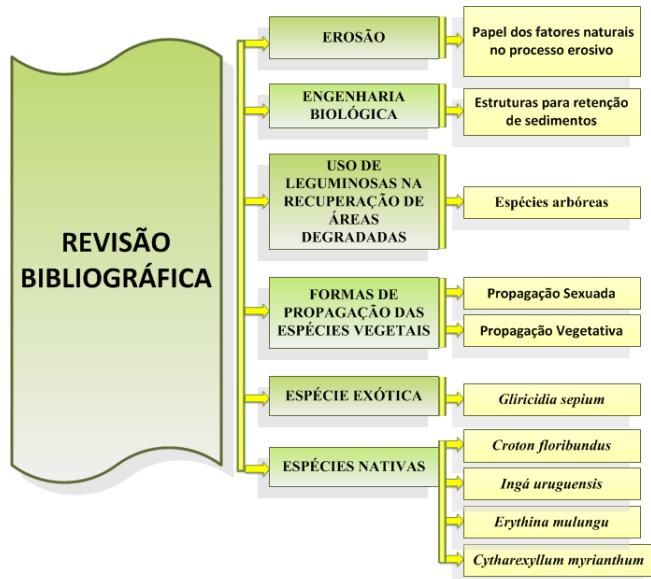


Figura 12. Fluxograma das etapas da metodologia abordada

## 4.2 PESQUISA DE CAMPO



Figura 13. Fluxograma da metodologia abordada nas atividades preliminares de campo

### 4.2.1 Atividades Preliminares de Campo

As atividades preliminares de campo (Figura 13) iniciaram com o reconhecimento da área de estudo e escolha do local onde seria implantado o experimento. A escolha do local

levou em consideração a presença de lençol aflorado onde o material é mecanicamente inconsolidado e esta sendo retirado pela ação da água.

As análises físico-químicas (textura, propriedades químicas e teores de matéria orgânica) do solo foram realizadas nas áreas selecionadas para o estudo onde em cada área foram coletadas amostras de solo a 20 e 40 cm de profundidade com o auxílio do trado holandês, sendo que no interior da voçoroca estas análises foram coletadas na sua base.

As sementes de *Gliricidia sepium* foram doadas pela Embrapa Agrobiologia - Seropédica - RJ

A produção das mudas de *Gliricidia sepium* foi realizada no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Uberaba, MG, em tubetes, com o uso de substrato comercial, inoculadas e micorrizadas.

As estacas de *Gliricidia sepium* foram retiradas de uma única planta, existente no IFTM Campus Uberaba, e apresentavam as mesmas dimensões de comprimento com 30 cm e com diâmetro variando de 2,8 a 3,1 cm.

As mudas de espécies nativas (*Cytharexylum myrianthum*, *Erythrina mulungu*, *Croton floribundus* e *Inga uruguensis*) foram doadas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) de Uberaba e produzidas em tubetes a partir de sementes.

#### **4.2.2 As pesquisas de campo no decorrer do estudo**

As pesquisas no decorrer do estudo foram realizadas em cinco etapas (ensaios: 1, 2, 3, 4 e 5) com os objetivos de: a) determinar o percentual de umidade no solo dentro da voçoroca no decorrer do ano; b) avaliar o estabelecimento de espécies arbóreas no interior de uma voçoroca ativa e c) formar barreira com a utilização de estacas de *Gliricidia sepium*, intercaladas com bambu para retenção de sedimentos dentro da voçoroca.

#### 4.2.2.1 Ensaio 1

Determinar o percentual de umidade no solo no decorrer do experimento, em três pontos dentro do canal, semanalmente, ao longo do corpo da voçoroca (Figuras 14 e 15). A umidade foi determinada por método gravimétrico, onde o teor de água do solo é determinado pela razão entre a massa de água contida numa amostra de solo úmida e a massa de solo seca em estufa a 105-110°C. Este método fixa o processo de determinação do teor de umidade de solos, em laboratório.

Os dados pluviométricos utilizados em nossa pesquisa foram coletados através da estação meteorológica instalada na Fazenda do Glória, a aproximadamente 1000 metros da área de pesquisa, e cedidos pelo professor do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Dr. Cláudio Ricardo da Silva.



Figura 14. Visão geral da voçoroca em 10 de dezembro de 2009 mostrando o afloramento do lençol freático.



Figura 15. Visão do ponto “2” na área mediana de coleta de solo para análise de umidade em 01 de dezembro de 2010 mostrando o afloramento do lençol freático

#### 4.2.2.2 Ensaio 2

Plantio de mudas de *Gliricidia sepium*, produzidas por semente dentro da voçoroca (Figura 16) e em área de cerrado (Figura 17), no entorno da voçoroca, fazendo o acompanhamento e comparação de seu desenvolvimento, utilizando recomendações padrão de plantio e adubação.

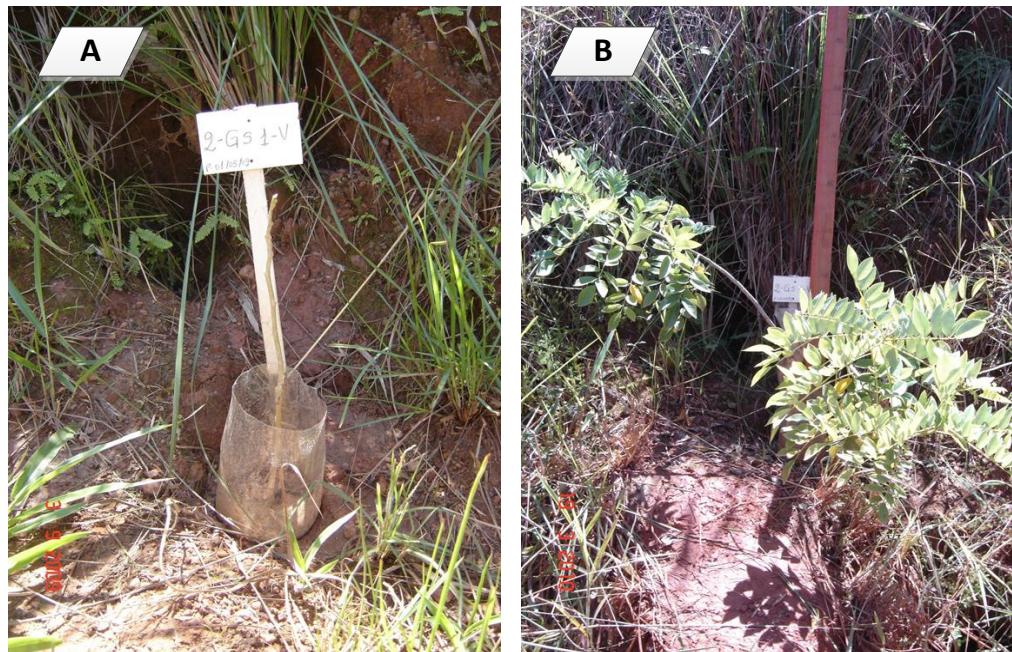


Figura 16. Visão do desenvolvimento da muda de *Gliricidia sepium* plantada dentro da voçoroca. A em 03 /set./2009 e B em 19/mar./2010.

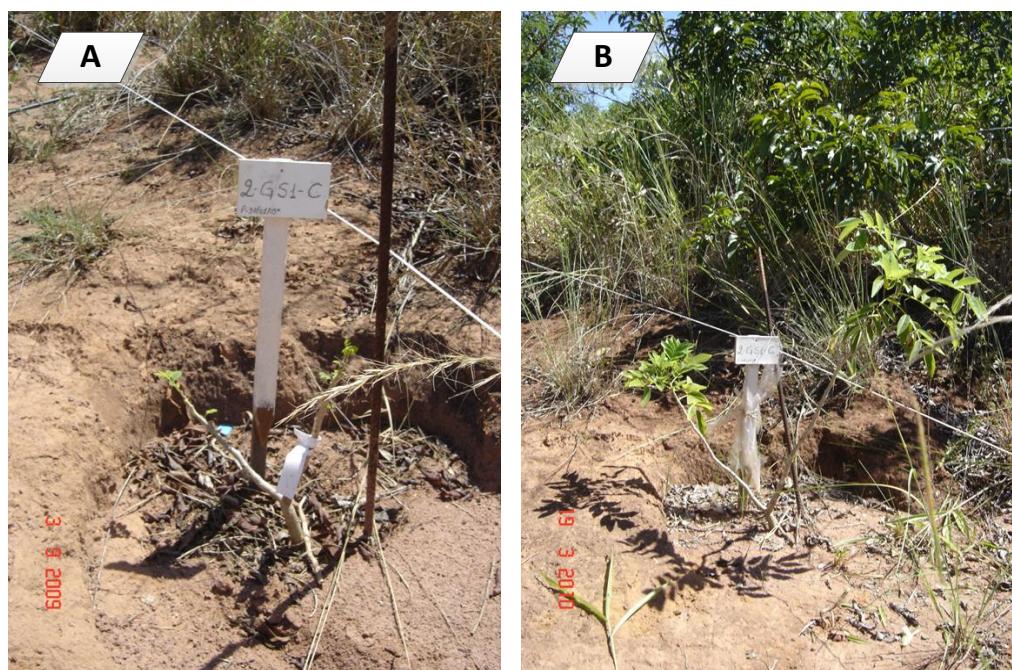


Figura 17. Visão do desenvolvimento da muda de *Gliricidia sepium* plantada na área de cerrado. A em 03 /set./2009 e B em 19/mar./2010.

#### 4.2.2.3 Ensaio 3

O experimento consiste no plantio de estacas de *Gliricidia sepium*, plantadas direto no campo (dentro da voçoroca), tendo como variável o substrato, utilizando recomendações

padrão de plantio e adubação, com objetivo de acompanhar e comparar o estabelecimento destas mudas (Figuras 18 e 19).

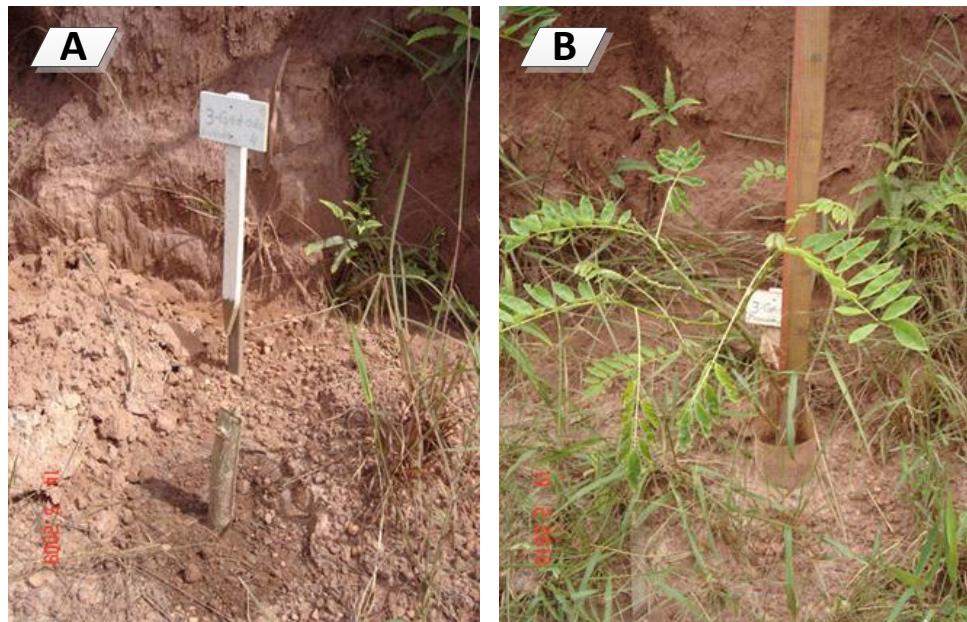


Figura 18. Visão do estabelecimento da estaca de *Gliricidia sepium* plantada direto no campo (dentro da voçoroca) com substrato composto de solo de cerrado. A em 14 /maio/2009 e B em 19/fev./2010.

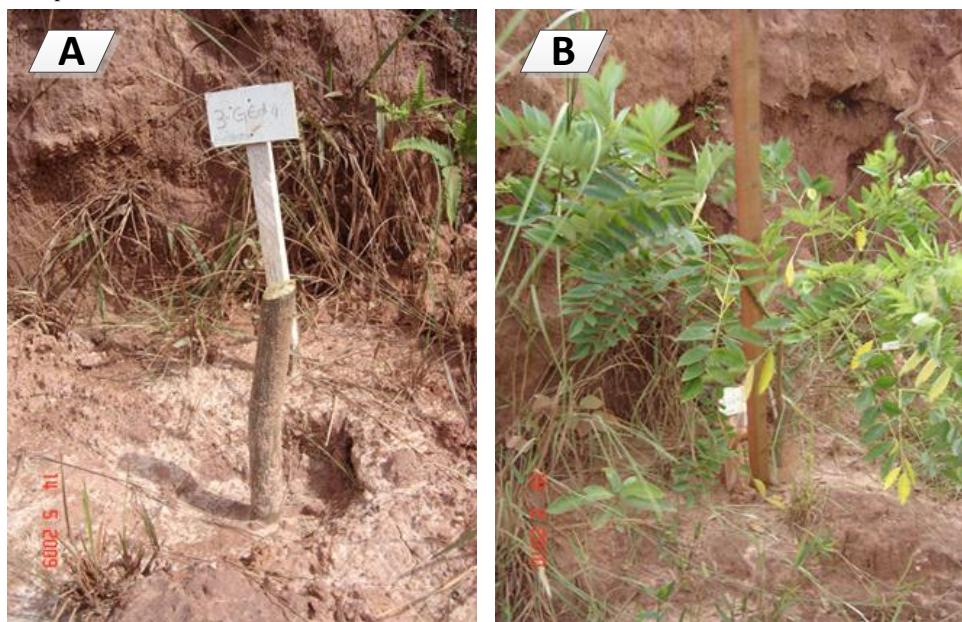


Figura 19. Visão do estabelecimento da estaca de *Gliricidia sepium* plantada direto no campo (dentro da voçoroca) com substrato do local. A em 14 /maio/2009 e B em 19/fev./2010.

#### 4.2.2.4 Ensaio 4

Plantio de espécies nativas (*Cytharexylum myrianthum*, *Erythrina mulungu*, *Cróton floribundus* e *Ingá uruguensis*) produzidas por semente, dentro da voçoroca, utilizando recomendações padrão de plantio e adubação (Figura 20), com o objetivo de avaliar o

estabelecimento destas mudas fazendo a comparação com a espécie exótica (*Gliricidia sepium*).

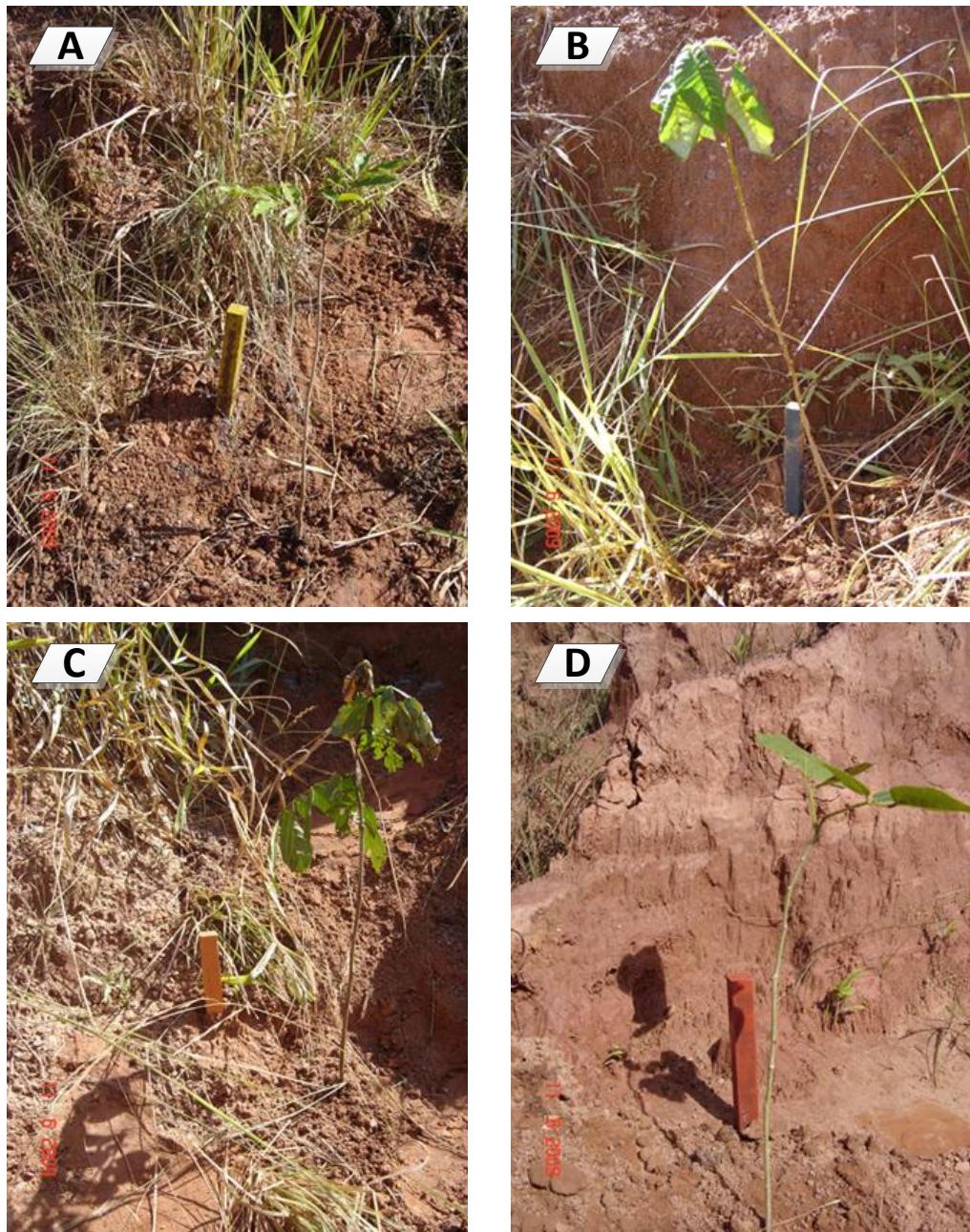


Figura 20. Imagem em 11/jun./1009 das espécies nativas produzidas por semente e plantadas no interior da voçoroca. Figura A - Pombeiro (*Cythereyllum myrianthum*); B - Capixingui (*Cróton floribundus*); C – Ingá (*Ingá uruguensis*) e D – Mulungu (*Erythrina mulungu*)

#### 4.2.2.5 Ensaio 5

Formação de barreiras no interior da voçoroca (Figura 21) utilizando estacas de *Gliricidia sepium*, plantadas direto no solo, intercaladas com bambu, utilizando recomendações padrão de plantio e adubação com o objetivo de avaliar o estabelecimento destas mudas e a contribuição da barreira na contenção de sedimentos no período de uma estação chuvosa.



Figura 21. Visão geral das barreiras para contenção de sedimentos em 01 de dezembro de 2010.

### **4.3 ANÁLISES LABORATORIAIS**

As análises foram realizadas no período de abril de 2009 a dezembro de 2011 no Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (LAGES) com o auxílio de técnicos do laboratório. A coleta de solo semanal permitiu a geração de 136 amostras. Elas foram submetidas à análise laboratorial relacionada ao teor de umidade no solo. A umidade foi determinada por método gravimétrico, através da razão entre peso da água contida na amostra e o peso da parte sólida, após completa secagem em estufa a 105°C. A metodologia de análise seguiu a técnica apresentada no Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA, (1997). Outros dados, como granulometria que são utilizados neste estudo, foram realizados por Silva (2010), na área da pesquisa.

### **4.4 COMPACTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS**

Os dados levantados passaram por análises estatísticas, foram submetidos à análise de variância e ao teste de média de Scott & Knott.

#### **Organização dos dados**

- Análise e compactação dos dados levantados;
- Tratamento das informações e redação final.

Em todos os ensaios de campo foram feitas anotações em planilhas pré-elaboradas e registros fotográficos para o acompanhamento da pesquisa. Um resumo da Metodologia empregada pode ser visto no fluxograma a seguir, indicado na figura 22.



Figura 22. Fluxograma dos procedimentos operacionais realizados no decorrer da pesquisa.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 ESTUDOS PRÉVIOS DA VOÇOROCA NA FAZENDA DO GLÓRIA

Uma área bastante alterada é parte da bacia hidrográfica do Córrego do Glória em Uberlândia-MG. A área possui uma voçoroca, com mais de 30 anos de existência, com aproximadamente 300 metros de extensão, cota máxima de 10 metros de profundidade e 60 metros de largura onde parte dela, um canal que se encontra em estágio de evolução acentuado é objeto deste trabalho (Figuras 23 e 24). Esta área tornou-se um grande laboratório, onde são realizadas pesquisas por alunos dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação da Universidade Federal de Uberlândia.



Figura 23. Visão geral da voçoroca indicando a área delimitada para o estudo. Fonte: Imagem Google Earth de 12/06/2010, com o acesso em 05/09/10. (Org.: Biulchi, 2010).

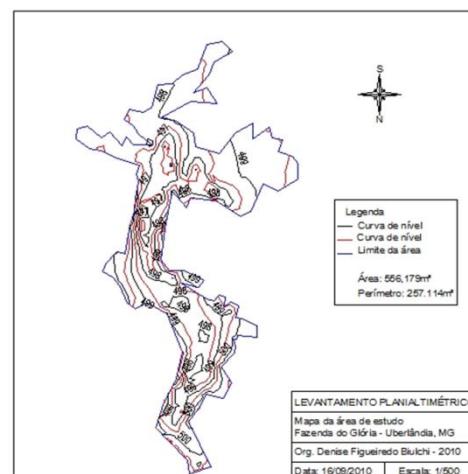


Figura 24. Mapa planimétrico da parcela utilizada no estudo, com área de 556,179 m<sup>2</sup> e altura máxima de 2,5 m. (Org.: Biulchi, 2010).

Pesquisas realizadas por Alves (2007) demonstram que a voçoroca esta em pleno desenvolvimento e a sua margem direita foi a que apresentou uma evolução mais rápida no período de dois anos de estudo, chegando a 2 metros lineares de avanço, em canais com pequena contribuição. Estes canais, de acordo com o autor, se apresentaram mais ativos devido à vasta área de contribuição, de aproximadamente 15.000 m<sup>2</sup>, a sua localização em área onde a taxa de infiltração se apresentou baixa de 0,2 a 0,4 mm/min. e aos diferentes desníveis presentes no interior do canal que provocam rupturas e formam quedas da água.

O autor destaca que nesta voçoroca foram detectados vários processos erosivos de forma associada durante o período chuvoso. Onde há erosão por queda de água: alcovas de regressão, filetes subverticais, marmitas e escamamentos. Em locais não associados à queda de água: erosão por dutos (*piping*), poças de ressurgência, subsidênciam do terreno, solapamento das margens e movimentos de massa. Todos estes processos contribuem no fornecimento de sedimentos para o canal principal, cujo sedimento é transportado, até chegar ao córrego do qual é afluente.

Os dados apurados por Alves (2007), com relação ao transporte de sedimentos, no período do estudo, demonstraram que ele está presente durante o ano todo, com granulometria variando entre pequenas de 2 mm e 0,053mm e maiores com dimensões máximas de 10mm no período de seca, quando o transporte é ditado pelo fluxo exudante do escoamento subterrâneo. No período chuvoso, devido ao acréscimo de energia proporcionado pelas chuvas, os detritos transportados apresentam granulometria que variam entre pequenos de 0,210 a 20 mm e os maiores chegam a 450 mm de diâmetro. Ainda, de acordo com dados levantados pelo autor, onde a taxa de sedimentos de fundo se apresentava igual a 138,18g/m<sup>3</sup> a uma vazão de  $112 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s, com uma sequência de períodos chuvosos passou a apresentar um transporte de 3.774,47g/m<sup>3</sup> sob uma vazão idêntica de  $112 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s. Por ocorrência das chuvas foram registrados os maiores picos de transporte de sedimentos, o que comprovou que

o maior avanço das feições erosivas ocorre durante estes eventos. Durante uma chuva de 17mm, com duração de 45 minutos, apresentou uma vazão de  $719 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ , que foi capaz de conduzir  $22.811,01\text{g/m}^3$  de sedimentos, representando uma variação de 27.266,32% entre os valores registrados antes da chuva e durante o pico de sua ocorrência.

### **5.1.1 Outras pesquisas realizadas na área de estudo**

Diversos trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos na Fazenda Experimental do Glória por estudantes da Universidade Federal de Uberlândia.

Na área onde se encontra a voçoroca os estudos são realizados principalmente por estudantes ligados ao Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos do Instituto de Geografia (LAGES). As pesquisas realizadas nesta área buscam avaliar e acompanhar a evolução dos diversos processos erosivos, bem como a recuperação desta área degradada.

Em estudos relacionados à perda de solo influenciado pelo escoamento superficial, Silva, (2006) observou que na parcela em área de cultura (sorgo) todos os intervalos chuvosos produziram escoamento e perda de solo produzindo em 2004/2005 um total de 15,496 kg de solo no intervalo de estudo. Na parcela da mata e de pastagem, no mesmo período, o total acumulado de solo foi de 0,017 Kg e 0,008 Kg respectivamente, dados que demonstram a importância da cobertura vegetal.

Pinese Junior et al., (2008) em estudos para avaliação de diferentes tipos de vegetação na contenção da erosão em encostas ou na recuperação de áreas degradadas destacam como melhor alternativa o consórcio de diferentes estratos vegetativos (leguminosas, gramíneas e espécies arbóreas).

Identificando e catalogando as feições erosivas existentes no interior da voçoroca localizada na Fazenda do Glória em Uberlândia-MG, Campos et al., (2008) registraram 414

feições erosivas, predominando as fendas, alcovas de regressão, dutos de convergência e pontos e poças de ressurgência, estando estas feições no curso médio da voçoroca. Constataram que o solo na área apresenta laterita e seixos que são predominantes como fração presente no solo seguido das areias, argilas e em menor grau pelo silte.

Em estudos da análise do comportamento da água no solo a partir dos dados de tensiometria em diferentes parcelas de solo, com solo exposto e solo com geotêxteis e gramíneas Bezerra e Rodrigues, (2006) comprovaram a eficiência de geotêxteis e gramíneas na diminuição do escoamento superficial e no controle a erosão laminar com relação ao solo exposto. Os resultados obtidos no estudo demonstraram a importância do uso de gramíneas na cobertura do solo, pois estas espécies atuam na interceptação das chuvas, na infiltração da água no solo e diminuem o escoamento superficial.

Serato et al., (2008) aliavam a recuperação da área degradada com a utilização de materiais de baixo custo. Utilizaram a barreiras de contenção de sedimentos feitas com bambus, telhas e sacos de rafia contendo terra além de mantas antierosivas para segurar os materiais grosseiros do solo. Observaram ao final do estudo que os canais que possuíam barreiras feitas com sacos de rafia contendo terra foram os mais eficazes na contenção de erosão enquanto que os canais que tinham os bambus com telhas como barreiras foram os que menos demonstraram eficácia.

Em estudos para avaliar processos erosivos areolares e lineares com o uso de técnicas de estaqueamento, sensoriamento remoto e geoprocessamento associadas a controle de campo, Leal e Rodrigues, (2008) comprovaram que os três métodos utilizados (método de estaqueamento, o geoprocessamento e o método DGPS para mensuração de processo erosivo) foram eficazes em diferentes escalas de tempo e espaço. Os autores destacam que é de grande importância se ter um banco de dados identificando os processos erosivos e suas dinâmicas

em áreas agroecossistêmicas, principalmente se tratando de um país como o Brasil, onde grande parte de sua economia é proveniente da agricultura.

Monitorando o acúmulo de serapilheira em fragmentos de Mata Ciliar e Cerrado Stricto Senso na Fazenda Experimental do Glória Campos et al., (2008) registraram índices estimativos de deposição de serapilheira em ha/ano de: Mata *Mesofítica* aproximadamente 3771 kg por hectare de serapilheira, sendo 2057 kg correspondente à fração folha, 857 kg à fração ramo e 342 kg à fração material reprodutivo. Cerrado *Stricto Senso* aproximadamente de 857 kg/ha-anو, onde 342 kg seriam atribuídos à fração folha e à fração ramo e 171 kg à fração material reprodutivo. Os autores destacam que a dinâmica deposicional da serapilheira da área estudada, está intimamente relacionada com a sazonalidade existente em ambientes de Cerrado.

Nardin et al., (2010) desenvolveram estudos com o uso de técnicas de baixo custo para a estabilização de área degradada por voçoroca na Fazenda experimental do Glória com a implantação de barreiras de contenção de sedimentos, ao longo de um canal secundário, utilizando bambus e sacos de ráfia. Foram avaliadas a quantidade de sedimentos acumulados e a composição textural dos mesmos. Os resultados demonstraram que a medida física adotada apresentou, no período de estudo, alta taxa de contenção de sedimentos, compostos principalmente por areia fina seguida de areia grossa, silte e argila. Os resultados obtidos mostraram que o uso de paliçadas apresentou potencial como técnica de conservação que visa melhorar a estrutura do solo e conter a perda de sedimentos por erosão hídrica.

### **5.1.2 Revegetação do entorno da voçoroca**

Uma das ações corretivas visando à estabilização de voçorocas está na vegetação, ou seja, no uso de espécies arbóreas no seu entorno. A cobertura vegetal é a defesa natural do

solo contra a erosão, onde os seus principais efeitos são; a proteção contra o impacto direto das gotas de chuva; dispersão e quebra de energia das águas de escoamento superficial; aumento da capacidade de infiltração pela ação das raízes; e aumento da capacidade de retenção de pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985 citados por SALOMÃO, 1999).

Em 2008 iniciaram-se estudos para escolha de espécies arbóreas que seriam plantadas no entorno da voçoroca para auxiliar na sua recuperação em longo prazo com a revegetação da área de seu entorno. O experimento consistiu no plantio de 11 espécies utilizadas em plantio misto com nativas e exóticas pioneiras no entorno da voçoroca, tendo como variável 3 diferentes fontes de fósforo, calcário dolomítico e gesso com o objetivo de avaliar o estabelecimento e desenvolvimento das plantas em condições físico ambientais de cerrado.

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos, e 2 repetições. As espécies foram classificadas seguindo o estágio sucessional em Pioneiras, e não pioneiras. O modelo utilizado para a revegetação foi o sucessional com espaçamento regular de 2m x 2m entre linhas e entre plantas utilizando-se 75% de plantas pioneiras e 25% de plantas não pioneiras intercaladas em linhas pares. O plantio foi feito no dia 13 de fevereiro de 2009. O preparo de solo consistiu no coveamento manual e as dimensões das covas foram de 0,40 x 0,40 x 0,40 m. A adubação teve por base a análise da fertilidade do solo, sendo adicionado como padrão em cada cova 12g de FTE Br 12 (possui 9 % Zn; 1,8 % Boro; 0,8 % Cu; 2% Mn; 3,5% Fe; 0,1% Mo) e 1 Litro de adubo orgânico de origem animal (esterco de curral curtido). Com relação aos tratamentos 66 covas receberam 150g de calcário dolomítico que proporciona os nutrientes Cálcio e Magnésio para as plantas e 66 covas receberam 60 g de gesso um sal neutro rico em Cálcio e Enxofre, variando os elementos: 22 covas com Fosfato Natural (FN), 22 covas com Super Fosfato Simples (SFS) e 22 covas com

Termofosfato (Yoorin). (PEREIRA et. al., 2009; SILVA et. al., 2009; PEREIRA, J. S.; BIULCHI, D. F.; RODRIGUES, S. C. 2010; PEREIRA et. al., 2010; BIULCHI et. al., 2010).

### **5.1.2.1 Alguns resultados da pesquisa**

Aos 18 meses após o plantio a vegetação já oferecia benefícios para a área em estudo, através da cobertura foliar e da deposição de serapilheira.

Biulchi et al., (2010) analisaram o estabelecimento e crescimento inicial de três espécies nativas (*Guazuma ulmifolia* L., *Hymenaea courbaril* L. e *Mimosa caesalpiniifolia* Benth.) e uma espécie exótica (*Albizia lebbeck* L.), onde as variáveis analisadas foram: altura da planta, diâmetro da copa e diâmetro do caule a três cm do coletor e os dados coletados aos 60 e 180 dias após o plantio. O estudo demonstrou que na comparação entre as quatro espécies o Sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia*) diferenciou-se significativamente das demais para as variáveis: diâmetro da copa e diâmetro do caule e quanto à altura total, as plantas não diferiram entre si estatisticamente, no entanto as quatro espécies introduzidas nesta área apresentaram bom desenvolvimento apresentando potencial para revegetação de áreas degradadas de cerrado. Os autores registraram ainda que de um total de 11 espécies, quatro, *Albizia lebbeck*, *Guazuma ulmifolia*, *Hymenaea courbaril* e *Mimosa caesalpiniifolia*, apresentaram 100% de estabelecimento na área, no entorno da voçoroca.

Pereira e Rodrigues, (2012) observaram que as espécies que se destacaram em crescimento em altura foram a *Albizia Lebbeck*, a *Ochroma pyramidalis* e a *Anadenanthera macrocarpa*. A *Mimosa caesalpinaefolia* obteve o maior diâmetro em caule e em copa. A *Pouteria torta*, a *Astronium fraxinifolium* e a *Hymenaea coubaril* não demonstraram resultados significativos de crescimento em altura e cobertura de copa. Os autores, ao comparar os dados relacionados ao desenvolvimento das espécies, observaram que os

menores índices de crescimento foram registrados nas espécies secundárias e climáxicas, dados que estão de acordo com as características destes grupos ecológicos, evidenciando a importância de sua implantação ocorrer em consórcio com espécies pioneiras que irão propiciar as condições adequadas para seu desenvolvimento.

## 5.2 ESPÉCIES UTILIZADAS NA PESQUISA

### 5.2.1 Espécie Exótica - Gliricidia (*Gliricidia sepium*)



Figura 25. **Gliricidia** (*Gliricidia sepium*). A figura A mostra a planta com aproximadamente 5 anos, B detalhe das folhas e C flor e frutos.

#### Descrição Botânica e Características da espécie

*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Figura 25), a espécie pertence à família Leguminosae, subfamília Fabaceae (Papilionoideae), conhecida no Brasil como gliricidia, no México e em países da América Central é denominada como "madero negro, mata ratón, madre de cacao".

A gliricidia é uma planta perene, caducifólia, com porte arbóreo variando de 12 a 15 metros de altura, com diâmetros de caule de até 0,30 m (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980; PARROTA, 1992). Apresenta crescimento cespitoso, formando em média 4 a 5 fustes. Possui casca fina, lisa e esbranquiçada; sua copa se apresenta com formato

irregular e com ampla cobertura foliar, dependendo da procedência e manejo (ALTERNATIVAS, 1992).

Sua floração e frutificação, geralmente ocorrem no período seco quando as árvores estão parcialmente sem folhas, entre os meses de agosto a novembro na região do Triângulo Mineiro. As plantas florescem a partir do terceiro ano de idade.

A *Gliricidia* é uma espécie de crescimento rápido e que se reproduz facilmente de forma sexuada (sementes) e assexuadaamente (por estacas), apresentando excelente capacidade de rebrota mesmo quando severamente podadas. (ALLEN & ALLEN, 2008). O sistema radicular é bem desenvolvido e profundo. Suas raízes associam-se a bactérias do gênero *Rhizobium*, com as quais entram em simbiose, originando um grande número de nódulos, responsáveis pela fixação de nitrogênio (FRANCO, 1988; PALHETA E WANDELLI, 2002).

A *Gliricidia* é uma espécie tropical, nativa do México e América Central, sendo encontrada em regiões localizadas desde o nível do mar até 1500 m de altitude, e com precipitação de 600 a 3500 mm ao ano, suportando períodos prolongados de seca de até oito meses (DUNSDON e HUGHES 1991; PARROTTA, 1992). Não tolera geada (FRANCO, 1988), e desenvolve-se em quase toda classe de solos, tolerando solos rasos e de textura pobre, vegeta bem em regiões com temperaturas mínimas de 14 a 20ºC nos meses mais frios até 34 a 41º C, nos meses mais quentes, (BAUER 1982; DUQUE, sd; NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES 1980; ALTERNATIVAS..., 1992; KUNTH EX WALP, 1842). A espécie tolera um pH entre 5,5 e 7, porém há relatos de seu desenvolvimento em solos ácidos (pH de 4 a 5) e em solos ligeiramente alcalinizadas no litoral de Porto Rico (pH 7,5 a 8,5) (PARROTTA, 1992).

A *Gliricidia sepium*, tem se apresentado como uma espécie de grande interesse comercial e econômico para regiões tropicais pelas suas características de uso múltiplo.

Na conservação de solos, Perino (1979), recomenda o uso da espécie para controle de erosão e estabilização de terraços de rodovias, em função da alta sobrevivência, resistência ao fogo e à seca e por ser caducifólia, transpirando um mínimo no período seco e rebrotando facilmente. A gliricidia também é recomendada para a recuperação de ecossistemas degradados, para restabelecer a fertilidade do solo como adubação verde, pelo aporte de nutrientes e matéria orgânica. No controle de encostas e na revegetação de solos degradados. A queda da folhagem, que ocorre na época seca e de abundante floração, promove anualmente, a incorporação ao solo sob as copas, de cerca de 60 a 70 kg de matéria orgânica rica em nitrogênio.

Corrêa et al., (2006) ao avaliarem a produção de serrapilheira acumulada em sistema agroflorestal em Rondônia, observaram que a produção anual para a *G. sepium* foi de 3,43 t ha<sup>-1</sup> e que suas maiores deposições ocorreram no período chuvoso (inverno) superior a 2.398 Kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> encontrada por Mafra et al., (1998) com espécies leguminosas em sistemas de aleias no cerrado. Já em estudos da decomposição de resíduos de poda de *Gliricidia sepium* em Campos dos Goytacazes, Paulino et al., (2006) concluíram que a dinâmica de decomposição dos resíduos de gliricidia é elevada, apresentando uma liberação de nutrientes mais rápida inicialmente, e tendendo ao decaimento com o tempo. Trabalhos de Barreto e Fernandes (2001), visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros em Sergipe relatou a grande contribuição da gliricidia para o cultivo de aleias, em função da alta produtividade de biomassa seca (de 5.800 Kg ha<sup>-1</sup> na média de 4 anos) e da alta riqueza nutricional, contribuindo com 160 Kg ha<sup>-1</sup> por ano de N para o sistema. Os autores destacam ainda que a incorporação da biomassa de gliricidia promoveu melhorias em características químicas (Ca+Mg e pH) e físicas do solo. A biomassa, principalmente das folhas causou significativo decréscimo nos valores da densidade, e aumento da porosidade do solo, em relação à testemunha, na profundidade de 0-15 cm.

Palheta e Wandelli, (2002) avaliaram a nodulação de *Gliricidia sepium* e *Inga edulis* em plantas estabelecidas a nove anos. Os nódulos foram amostrados através da coleta de raízes em profundidades e distância do caule variadas. Na gliricidia a maior densidade de nódulos (87 %) foi observada em profundidade superficial de 0 a 10 cm que representaram 50% das raízes coletadas. A biomassa de raízes ( $\text{g/m}^3$ ) apresentou boa distribuição horizontal, sendo maior no ponto mais distante de coleta a 150 cm sem representar variação no número e na biomassa dos nódulos. A taxa de nodulação e a biomassa de raízes de *Gliricidia sepium* foram maiores do que a de *Inga edulis*, o que correspondeu a maior biomassa aérea.

Ao analisar o aporte de serrapilheira em área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas Costa et al., (2004) observaram que a produção individual de serrapilheira na *G. sepium* foi de  $3,3 \text{ t/ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , onde a espécie apresentou um comportamento decíduo com a queda de folhas concentrada em poucos meses do ano, e a deposição de estruturas reprodutivas ocorreu em dois momentos a primeira logo após a floração (julho-agosto) e a segunda depois da queda dos frutos (outubro-novembro). Ainda segundo os autores a contribuição relativa dos resíduos da parte aérea da *G. sepium* na serrapilheira foi identificada como 26% de galhos, 14% de estruturas reprodutivas e 60 % de folhas. Na determinação da composição química de cada material formador da serrapilheira foram calculadas as concentrações de nutrientes e polifenóis, onde a *G. sepium* destacou-se como a mais rica em nutrientes entre as espécies avaliadas (*Mimosa caesalpiniifolia* (sabiá), *Acacia auriculiformes* (acácia) e *Gliricidia sepium* (gliricidia), apresentando ainda, os mais baixos teores de polifenóis<sup>1</sup>. A concentração de nutrientes e polifenóis solúveis na serrapilheira da *Gliricidia sepium* utilizada na revegetação em  $\text{Kg ha}^{-1}$  foram de; N - 67,98; P - 3,17; K – 11,88; Ca - 63;

---

<sup>1</sup> Polifenóis - compostos que são correlacionados negativamente com a velocidade de decomposição, considerando a capacidade de tal grupo de substâncias se complexarem com as formas de N, tornando este elemento menos disponível para a comunidade decompositora (Tian et al., 1992, citado por Costa et al., (2004)).

Mg – 25,08 e polifenóis 42,9 perfazendo um total de 171 Kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes na serrapilheira. Em análise qualitativa do material formador da serrapilheira de *G. sepium*, as folhas se destacaram pelas concentrações de N, P, Ca, e Mg em geral superiores as demais leguminosas enquanto nas estruturas reprodutivas foram encontrados os maiores teores de P e N para a gliricidia e a sabiá (COSTA et al., 2004).

Fortes et al., (2004) destacam que a matéria orgânica é a fonte principal no solo da grande maioria dos nutrientes essenciais as plantas e o N é o nutriente mais requerido pelos sistemas de produção, portanto o uso de leguminosas arbóreas como condicionante do solo apresentam como grande vantagem o seu hábito de crescimento, pois são plantas perenes, contribuindo ainda com o ciclo biogeoquímico de nutrientes pela capacidade de sua retirada em camadas mais profundas.

O plantio de espécies leguminosas arbóreas apresenta grandes benefícios na recuperação de áreas degradadas pela remoção de solo, dentre estas se destaca a *Gliricidia sepium*, pois tem demonstrado alta produção individual de serrapilheira e eficiência no aporte de nutrientes e polifenóis solúveis, além dos efeitos sobre as propriedades físicas do solo.

## 5.2.2 Espécies Nativas

### 5.2.2.1 Ingá (*Inga uruguensis*)

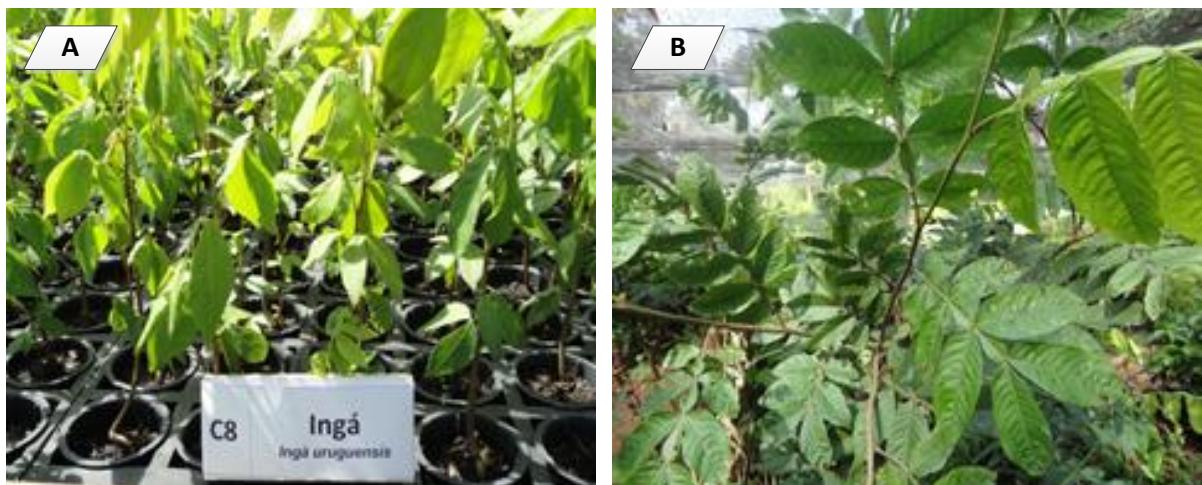


Figura 26. Ingá (*Inga uruguensis*). A figura A mostra as mudas de Ingá no viveiro e na figura B destaque para as folhas de ingá quando adultas.

#### Descrição Botânica e Características da espécie

*Inga uruguensis* Hooker at Arnott (Figura 26), é uma planta nativa adaptada a solos úmidos. A espécie pertence à família Leguminosae Mimosoideae, conhecida vulgarmente por ingá-do-brejo, ingazeiro, ingá-banana, ingá, ingá-de-quatro-quinas. Ecologicamente é classificada como planta semidecídua, heliófita pioneira seletiva higrófita, característica de planícies aluviais e beiras de rios da floresta pluvial atlântica. Ocorre na floresta latifoliada semidecídua, porém exclusivamente em beiras de rios, de São Paulo ao Rio Grande do Sul. Possui crescimento rápido e apresenta preferência por solos muito úmidos, ocorrendo quase que exclusivamente em formações secundárias.

Planta perene de porte médio, variando de 5 a 10 metros de altura, com diâmetro do caule (DAP) entre 20 a 30 cm em média. Apresenta folhas compostas paripinadas, de ráquis alada com 4 a 5<sup>a</sup> jugas; folíolos herbáceos, pubescência restrita às nervuras, superfície inferior de cor mais clara, com 4 a 14 cm de comprimento por 1 a 4 cm de largura. Floresce durante os

meses de agosto a novembro. A maturação dos frutos tem início em dezembro e prolonga-se até fevereiro. Produz grande quantidade de sementes viáveis.

A árvore pode ser empregada na construção de caixotaria e obras internas. As flores são melíferas. Produz grande quantidade de frutos procurados pela fauna. Como planta pioneira adaptada a solos úmidos é ótima para plantios mistos em áreas ciliares degradadas. Pode também ser aproveitada no paisagismo (LORENZI, 1992).

#### **5.2.2.2 Mulungu (*Erythrina mulungu*)**



Figura 27. Mulungu (*Erythrina mulungu*) A figura A mostra as mudas de Mulungu no viveiro, a figura B uma planta aos 18 meses e C destaque para o caule tipo cortiça

#### Descrição Botânica e Características da espécie

*Erythrina mulungu* Mart. (Figura 27), é uma planta nativa, que pertence à família Leguminosae-Papilionoideae, conhecida vulgarmente por tiricero, mulungu-coral, mulungu, sapatinho-de-judeu e suinã. Planta que apresenta facilidade de adaptação, sendo uma espécie que se desenvolve bem em solos úmidos e em solos secos.

Ecologicamente é classificada como planta decídua, heliófita, pioneira e característica das partes mais secas da floresta latifoliada semidecídua de crescimento moderado. Ocorre em formações secundárias, como capoeiras e capoeirões em Minas Gerais, Goiás Mato grosso do

Sul e São Paulo na floresta latifoliada semidecídua da bacia do Paraná. É particularmente frequente no oeste de São Paulo e Triângulo Mineiro.

Planta perene, espinhenta, de porte médio, variando de 10 a 14 metros de altura, com tronco revestido por uma grossa camada de cortiça, apresentando de 40 a 50 cm de diâmetro (DAP). Apresenta folhas compostas trifoliadas, sustentadas por pecíolo de 4-10 cm: folíolos glabros, coriáceos, de 7 a 10 cm de diâmetro por 5-8 cm de largura. Inflorescências numerosas, em cacho, muito atraentes, com flores alaranjadas até avermelhadas, abundantes, sua floração ocorre durante os meses de julho a setembro com a planta totalmente despida de sua folhagem. Os frutos amadurecem a partir de setembro até outubro, são do tipo legumes, achado, com sementes de coloração acastanhada, presas a parede do fruto.

A árvore pode ser empregada no paisagismo em geral, pois sua flor é extremamente ornamental. Sua madeira pode ser empregada apenas para caixotaria e fabricação de pasta celulósica. Suas flores alimentam beija-flores, periquitos, papagaios e outras aves com seu néctar. A planta pode ser empregada em reflorestamentos mistos destinados à recomposição da vegetação de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

#### 5.2.2.3 Capixingui (*Croton floribundus* Spreng)



Figura 28. **Capixingui** (*Croton floribundus* Spreng) A figura A mostra mudas de capixingui no viveiro e B planta quando adulta.

### Descrição Botânica e Características da espécie

*Croton floribundus* Spreng (Figura 28), é uma planta nativa, adaptada às margens de rios, desde a beira d'água até as bordas externas das matas ciliares. A espécie pertence à família Euphorbiaceae, conhecida vulgarmente por capoeira preta, lixeira, sangue de drago, sangra d'água, urucurana, capixingui, tapixingui, velame e capexingui.

Ecologicamente é classificada como planta decídua, heliófita, pioneira e de crescimento moderado em regeneração artificial. É característica de floresta estacional semidecídua.

Ocorre em formações nativas nos estados do Espírito Santo, Pernambuco, Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. (LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994).

Planta perene de porte médio, variando de 5 a 10 metros de altura, com diâmetro do caule (DAP) entre 20 a 30 cm em média, com casca aderente, podendo atingir 20 m de altura e 60 cm de DAP na idade adulta (CARVALHO, 1994).

Apresenta folhas simples, alternas com estípulas, de 5,5 a 10 cm de comprimento e apresentando os dois lados bem ásperos e exsuda abundante látex aquoso quando arrancada.

As flores são unisexuais encontrando-se as masculinas na parte superior e as femininas na parte inferior dos rácimos pendentes com até 30 cm de comprimento, com coloração amarelada. Floresce de julho a setembro em Minas Gerais.

A frutificação ocorre de fevereiro a abril, os frutos são do tipo cápsula globosa trilocular que se abre quando madura.

Sua madeira pode ser utilizada para construção e celulose.

É uma planta medicinal e suas flores são melíferas. (LORENZI, 1992). Utilizada também na recuperação ambiental. Suas folhas e flores são alimentos para animais silvestres e devido ao seu rápido desenvolvimento é recomendada para colonização de áreas degradadas.

#### 5.2.2.4 Pombeiro (*Cytharexylum myrianthum*)



Figura 29. Pombeiro (*Cytharexylum myrianthum*). A figura A<sup>2</sup> mostra flor e a B planta adulta com frutos.

#### Descrição Botânica e Características da espécie

*Cytharexylum myrianthum* Chamiáo. (Figura 29), é uma planta nativa adaptada a locais muito úmidos e brejosos. A espécie pertence à família Verbenaceae, conhecida vulgarmente tucaneiro, pau-de-viola, jacareúba, baga-de-tucano, pombeiro, tarumã, pau-viola.

Ecologicamente é classificada como planta decídua, heliófita, seletiva higrófita, característica das florestas de galeria e pluvial atlântica. Raro encontrá-la fora da faixa litorânea, podendo ser encontrada apenas nas matas ciliares. Ocorre na floresta pluvial atlântica e matas de galeria em formações nativas da Bahia ao Rio Grande do Sul. (LORENZI, 1992). Apresenta preferência por terrenos muito úmidos e brejosos, apresentando ótima regeneração natural em vários estágios de sucessão secundária.

---

<sup>2</sup> Pombeiro - Imagem disponível em:  
[http://www.ib.usp.br/labtrop/guiamatinha/pagina%20plantas/Cytharexylum\\_pagina/cytharexylum\\_myrianthum.htm](http://www.ib.usp.br/labtrop/guiamatinha/pagina%20plantas/Cytharexylum_pagina/cytharexylum_myrianthum.htm)

Planta perene de porte médio, variando de 8 a 10 metros de altura, com diâmetro do caule (DAP) entre 40 a 60 cm em média. Apresenta folhas simples, lanceoladas, com a face axial de coloração mais clara e com nervuras pubescentes, de 10 a 20 cm de comprimento por 3 a 7 cm de largura. As flores são pequenas, amarelas e em cachos axilares e terminais, floresce durante os meses de outubro a dezembro junto com o surgimento de novas folhas. A maturação dos frutos ocorre de janeiro a abril. Os frutos são do tipo drupa, com polpa carnosa mole com dois caroços cada um, com duas sementes. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, amplamente disseminadas pela avifauna.

Sua madeira pode ser utilizada para tabuado em geral, forro e artefatos leves, os frutos são muito apreciados pela avifauna e suas flores são melíferas (LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994).

De acordo com Carvalho, (1994) esta planta pode ser utilizada no paisagismo em praças, parque e jardins, desde que o terreno apresente lençol freático superficial e o solo seja saturado em água. Recomendado ainda para o reflorestamento de várzeas muito úmidas ou locais com inundações periódicas de rápida duração.

As cinco espécies escolhidas para utilização na pesquisa, apresentaram características que indicaram o seu uso: as Leguminosas (*Gliricidia*, *Ingá* e *Mulungu*) pelos grandes benefícios que poderão gerar na recuperação de áreas degradadas onde houve a remoção do solo, pelo o aporte de serapilheira e pela associação com bactéria fixadora de nitrogênio e fungos micorrízicos; O Pombeiro e o Capixingui pela sua adaptação em áreas úmidas e por serem apreciados pela avifauna e pelo aporte de serrapilheira.

## **6. DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS DE CAMPO - RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Este capítulo apresenta a descrição das pesquisas de campo composta por cinco ensaios. Cada ensaio é apresentado na forma de artigo com: Introdução; Material e métodos; Resultados e discussão e Conclusões, onde alguns dados estão repetidos nos ensaios, pois se optou por apresentar as pesquisas individuais, de forma a facilitar a leitura e compreensão de cada estudo individualmente.

## 6.1 DETERMINAÇÕES DO PERCENTUAL DE UMIDADE NO SOLO DENTRO DA VOÇOROCA

Determinação do percentual de umidade no solo no decorrer do experimento, em três pontos dentro do canal (Figura 30), ao longo do corpo da voçoroca.

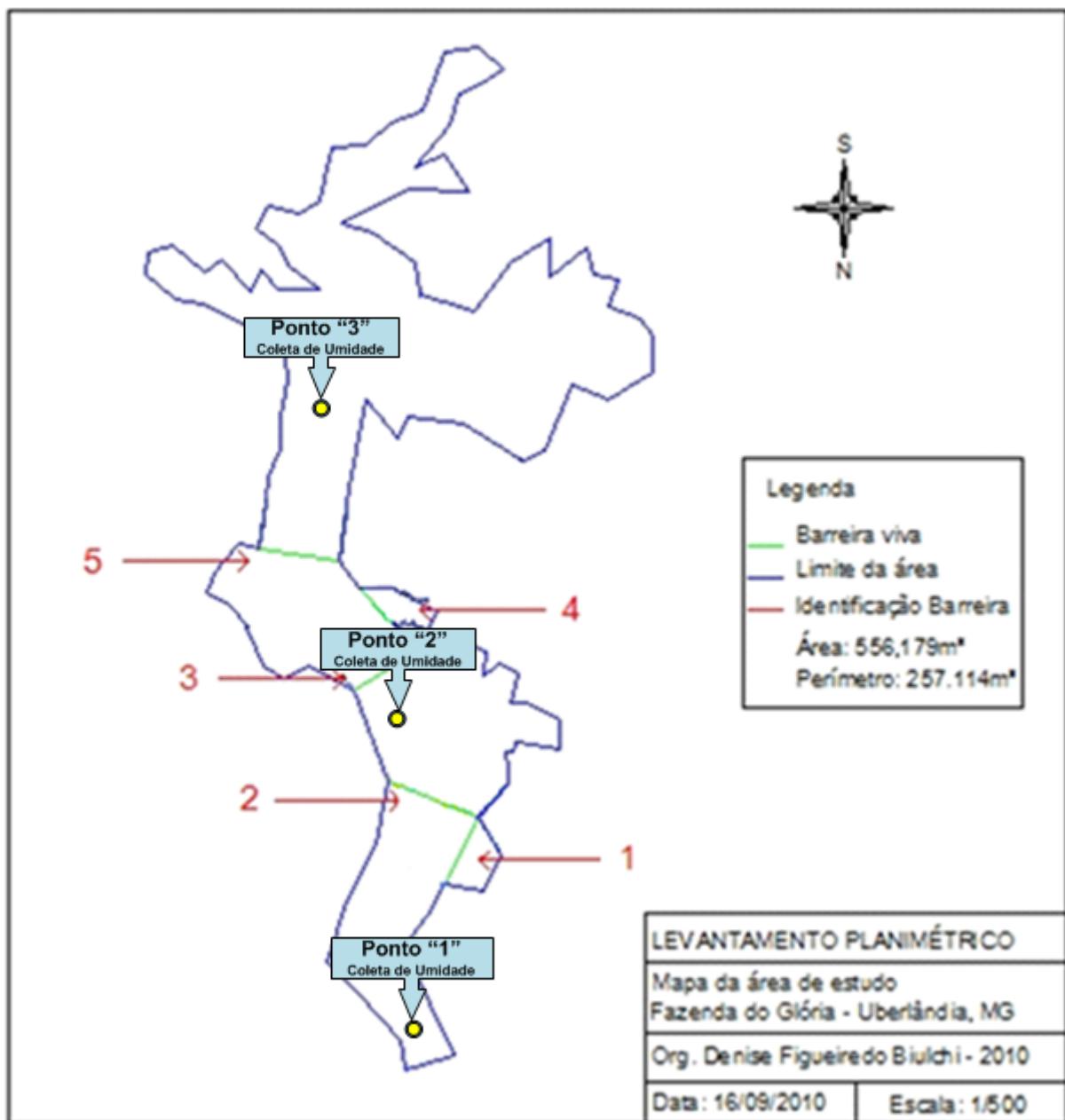


Figura 30. Imagem esquemática da localização dos pontos de umidade dentro do canal.

A umidade foi determinada por método gravimétrico. Além do monitoramento da umidade do solo, os dados pluviométricos utilizados em nossa pesquisa, foram coletados através da estação meteorológica instalada na Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mais especificamente na fazenda do Glória a aproximadamente 1.000 metros do local do experimento. Estes dados foram cedidos para nossa pesquisa pelo prof. Dr. Cláudio Ricardo da Silva do Instituto de Ciências Agrárias que responde por esta estação meteorológica.

A água constitui um dos elementos de maior importância como agente modelador do relevo na formação da paisagem terrestre (COELHO NETTO, 2007). Ela ocorre de forma gasosa, líquida ou sólida na atmosfera onde a transformação entre estas fases e a sua movimentação no meio físico constitui o ciclo hidrológico.

#### a) Dinâmica hidrológica

A precipitação é uma das componentes do ciclo hidrológico formada de água doce, proveniente do vapor de água da atmosfera, que cai na superfície terrestre com uma distribuição altamente variável. Constitui-se como importante fator para os processos de escoamento superficial direto, evaporação, transpiração, infiltração, água subterrânea, recarga de aquíferos e vasão básica dos rios.

A água da chuva pode ter vários destinos após atingir a superfície terrestre. Antes de atingir a superfície a água da chuva pode ser parcialmente evaporada e/ou parcialmente interceptada pela vegetação e o restante então será distribuído na superfície (COELHO NETTO, 2007). A parte que chega ao solo, ao infiltrar-se pode ser evaporada de forma direta ou absorvida pela vegetação, através das raízes, que a devolve a atmosfera através da transpiração. A água que infiltra e atinge a zona saturada entra na circulação subterrânea e contribui na recarga de aquíferos e no topo da zona saturada se localiza o lençol freático. A

água subterrânea pode ser descarregada diretamente nos oceanos, alimentar corpos de água ou ressurgir à superfície em forma de nascentes.

A chuva, em regiões tropicais constitui um dos principais elementos desencadeadores de erosão hídrica. Chuvas torrenciais ou intensas constituem a forma mais agressiva de impacto no solo e causam mais erosão que as chuvas menos intensas, embora mais prolongadas (BAHIA et al., 1992; CAMAPUM DE CARVALHO, J. et al., 2006 SALOMÃO, 2010).

A voçoroca se apresenta como a forma de erosão hídrica mais impactante com relação ao deslocamento de grandes massas de solo e formação de grandes crateras em extensão e profundidade. Estas feições erosivas podem atingir o lençol freático passando a receber a contribuição das águas subterrâneas na sua evolução.

Baccaro, (2010) destaca que estudos realizados no T. M. demonstram a contribuição dos fluxos subsuperficiais no desencadeamento e no avanço da erosão por voçorocamento. De acordo com a autora foi constatado que em locais onde o lençol freático emerge mais superficialmente as paredes da voçoroca apresentam solapamentos devido à dinâmica da água.

A voçoroca que é a base deste estudo apresenta lençol aflorado durante todo o ano no canal principal, no canal escolhido para a pesquisa o afloramento do lençol no canal é intermitente, passando alguns meses do ano sem que ele apareça na superfície, no entanto a umidade dentro do canal é alta durante o ano todo como pode ser constatado pelo trabalho desenvolvido onde foram coletadas 136 amostras ao longo de 3 anos.

## 6.1.1 MATERIAL E MÉTODOS

A determinação da umidade do solo é de grande importância, em áreas onde se quer estabelecer espécies vegetais. Existem vários métodos diretos e indiretos de determinação de umidade do solo. Neste estudo optou-se pelo método gravimétrico, conforme Embrapa (1997), pois dentre os métodos diretos é o mais utilizado. Este método consiste em retirar uma amostra de solo no campo e determinar o conteúdo da massa de água em relação à massa de solo seco. É um método bastante prático e de baixo custo de realização, porém demanda tempo para a obtenção dos resultados que é de aproximadamente 24 horas por amostragem. Uma das desvantagens é por ser um método destrutivo, pois requer a remoção de amostras de solo.

### 6.1.1.1 Método gravimétrico

O teor de água do solo é determinado pela razão entre a massa de água contida numa amostra de solo úmido e a massa de solo seca em estufa a 105-110°C. Este método fixa o processo de determinação do teor de umidade de solos, em laboratório.

Tem o símbolo H e é expresso em porcentagem.

O teor de umidade de solos é calculado pela seguinte fórmula:

$$H = \frac{(ms + ma + mt) - (ms + mt)}{(ms + mt) - MT} \times 100 = \frac{ma}{ms} \times 100$$

Onde:

H = teor de umidade, expresso em porcentagem, com aproximação de 0,1g.

ms + ma + mt = massa do solo úmido, mais tara do recipiente.

ms + mt = massa de solo seco, mais tara do recipiente.

mt = massa do recipiente.

### **6.1.1.2 Material utilizado**

- Estufa
- Taras de cerâmica
- Balança de precisão
- Sacos plásticos
- Trado
- Amostras de solo

Segue abaixo o procedimento para a determinação da umidade do solo.

#### **a) No campo**

Obtenção das amostras com trado a 20 e 50 cm de profundidade;

Embalagem das amostras em sacos plásticos hermeticamente fechados e identificados;

#### **b) No laboratório:**

Pesagem da tara vazia (seca)

Pesagem do solo úmido (amostra)

Colocação na estufa a 105° por 24 horas;

Retirada da estufa permanecendo em temperatura ambiente.

Pesagem do solo seco

Para o cálculo da determinação da umidade usou-se a seguinte formula:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \times 100\%$$

onde:

$m_1$  = massa de água + massa de sólidos + tara

$m_2$  = massa de sólidos + tara

$m_3$  = tara (massa da cápsula)

Para a determinação da umidade, foram delimitadas três áreas dentro do canal e ao longo do corpo da voçoroca (Figura 30). O critério utilizado foi de acordo com a umidade aparente no solo, a área 1, a montante (Figura 31), início do canal e aparentemente mais seca,

a área 2, mediana (Figura 32), apresentando umidade elevada (encharcado) e a área 3, a jusante (Figura 33), com umidade aparente, porém sem sinais de encharcamento.

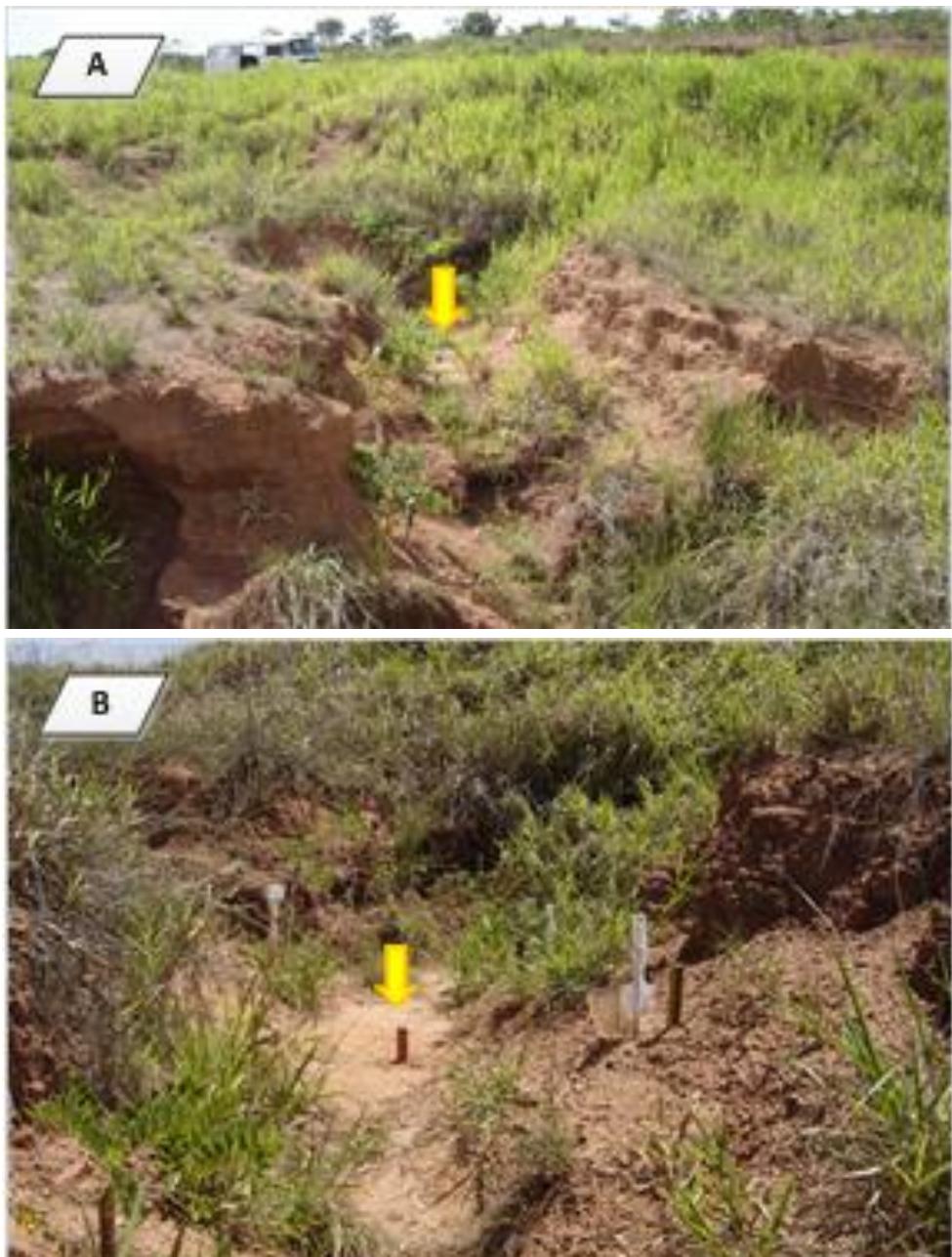


Figura 31. Visão do ponto “1” de coleta de umidade na área 1, no início do canal. A visão geral da área e B visão do ponto de coleta.



Figura 32. Localização do ponto “2” de coleta de umidade na área 2, parte mediana do canal. A visão geral da área e B ponto de coleta.



Figura 33. Localização do ponto “3” de coleta de umidade na área 3, a jusante. A visão geral da área e B ponto de coleta.

Os pontos para coleta de solo, para avaliação da umidade, foram centralizados nestas três áreas. A coleta de solo para a determinação de umidade foi realizada semanalmente, no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.

Utilizou-se trado espiral para coleta a duas profundidades: 20 e 50 cm nos três pontos pré-estabelecidos. As amostras foram depositadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados.

Quanto aos dados de precipitação, foram obtidos junto ao Laboratório de Irrigação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia do período de janeiro de 2009 a dezembro de 2011. Outros dados relativos à precipitação regional foram levantados a partir de 2004 até 2011.

Para a manipulação dos dados de precipitação e umidade no solo, bem como para a geração dos gráficos utilizou-se o programa Microsoft Excel. Os dados obtidos foram organizados em diversas unidades de tempo e estabeleceu-se a relação entre eles para facilitar a interpretação

## **6.1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1.2.1 Condições ambientais**

#### **6.1.2.2 Temperatura**

Na classificação de Köppen, no município de Uberlândia, o clima é do tipo Tropical semiúmido (Cw), com temperatura média anual de 23°C. Ao comparar os dados de temperaturas da cidade de Uberlândia de 1975 a 2009, Silva (2010) chegou a uma temperatura média anual de 22,8°C para este período. As maiores médias térmicas mensais (Figura 34) foram observadas entre os meses de outubro e março onde a maior média foi no mês de outubro com 24,4 °C e os meses com temperaturas mais baixas são entre abril e setembro apresentando a menor média de temperatura no mês de junho com 19,9 °C.

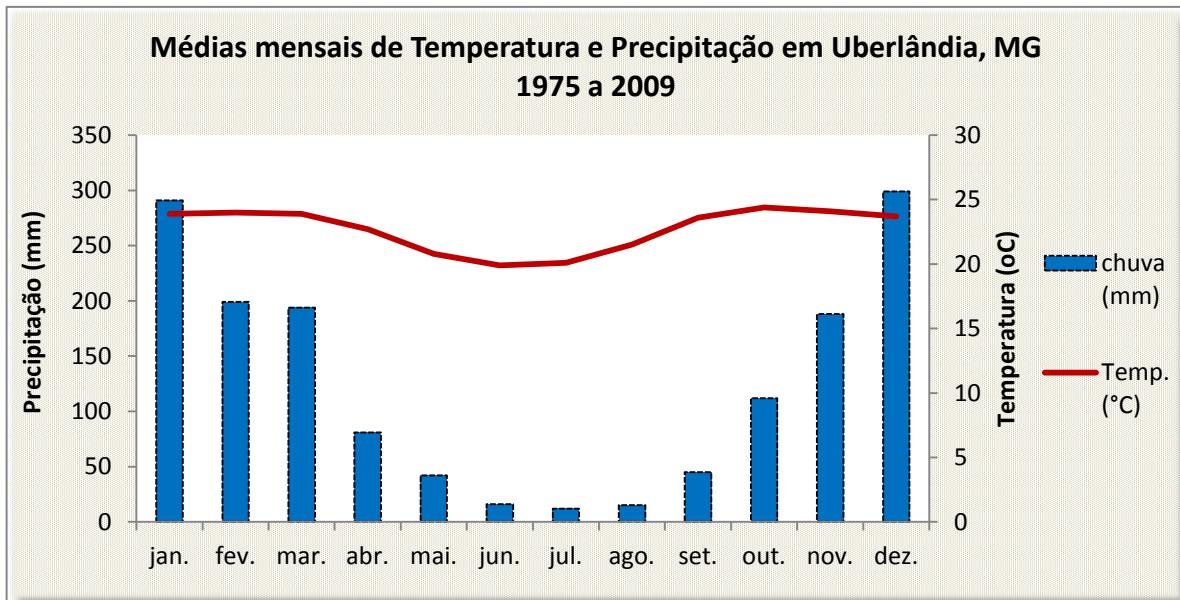


Figura 34. Gráfico da variação da temperatura e precipitação média mensal no Município de Uberlândia no período de 1975 a 2009. Fonte: Silva, 2010. Org.: Biulchi 2012.

### 6.1.2.3 Precipitação

A precipitação pode ser considerada um dos fatores de maior influência nas condições ambientais, onde a quantidade e a intensidade da mesma são de fundamental importância em estudos ligados à degradação ambiental e processos erosivos.

A precipitação na região do Triângulo Mineiro ocorre de forma sazonal apresentando uma média de seis meses de seca e seis meses com chuvas. Para o período de 1975 a 2009, Silva (2010), observou uma média de precipitação anual de 1489 mm para a região do T. M. e de 1493 mm para o município de Uberlândia (Figura 34). As médias de precipitações mensais em 34 anos no município de Uberlândia podem ser observadas no gráfico de variação da precipitação média mensal (Figura 35). As maiores médias pluviométricas mensais para Uberlândia foram observadas nos meses de janeiro com 291 mm e dezembro com 299 mm e as menores médias nos meses de junho, julho e agosto que apresentaram respectivamente 16 mm, 12 mm e 15 mm de chuva.

Os resultados do monitoramento pluviométrico na área de estudo nos últimos doze anos são apresentados a seguir.



Figura 35. Valores totais anuais da precipitação dos últimos doze anos na área da pesquisa. Dados do Instituto de Ciências Agrárias da UFU. Org.: Biulchi – março de 2012.

O levantamento anual da precipitação nos últimos doze anos (2000 a 2011) apresentou os seguintes valores, respectivamente: 2000,0 mm, 1202,00 mm, 1727,40 mm, 2222,00 mm, 1762,70 mm, 1618,65 mm e 1869,60 mm, 1530,40 mm, 1703,30 mm, 1979,93 mm, 1358,03 mm e 1934,05 mm. Esses valores mostram a variabilidade temporal da precipitação nos últimos doze anos como pode ser observado na figura 35 apresentando uma média anual, neste período, de 1745,89 mm. Quando se compara a precipitação mensal, esta variabilidade temporal torna-se ainda mais significativa, pois a quantidade de chuva distribuída em relação aos meses do ano é muito irregular o que pode ser observado na tabela 4, com dados dos últimos oito anos na área da pesquisa.

Tabela 4. Distribuição mensal das chuvas de 2004 a 2011, destacando os meses em que a precipitação mensal ultrapassa a média mensal anual.

Mês / Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Janeiro	<b>331,3</b>	<b>649,8</b>	<b>208,3</b>	<b>415,2</b>	<b>252,5</b>	<b>259,2</b>	<b>144,2</b>	<b>363,2</b>
Fevereiro	<b>292,9</b>	63,7	<b>189,5</b>	<b>229,6</b>	<b>264,8</b>	<b>223,1</b>	<b>256,5</b>	<b>234,7</b>
Março	<b>168,2</b>	<b>202,2</b>	<b>258,1</b>	54,6	<b>244,6</b>	<b>164,9</b>	<b>119,5</b>	<b>582,3</b>
Abril	<b>170,3</b>	55,0	96,5	32,8	<b>262,2</b>	90,9	72,7	<b>175,8</b>
Maio	25,8	85,0	6,4	11,7	80,8	99,3	12,5	9,3
Junho	32,0	66,2	1,5	25,7	9,0	14,9	13,8	24,0
Julho	21,0	0,0	0,0	37,5	0,0	15,0	9,2	0,0
Agosto	0,0	13,9	15,5	0,0	0,5	42,9	0,0	1,6
Setembro	0,0	33,6	104,1	25,2	17,5	<b>197,4</b>	0,0	1,6
Outubro	124,4	41,2	<b>276,0</b>	113,1	<b>148,2</b>	<b>227,8</b>	89,1	<b>163,4</b>
Novembro	<b>148,3</b>	<b>185,4</b>	<b>253,3</b>	<b>243,4</b>	59,9	129,0	<b>344,7</b>	<b>128,7</b>
Dezembro	<b>448,3</b>	<b>222,6</b>	<b>460,4</b>	<b>341,6</b>	<b>363,3</b>	<b>515,4</b>	<b>296,0</b>	<b>249,4</b>
Precipitação méd. mensal	146,89	134,88	155,8	127,5	141,9	164,99	117,2	161,2

Na tabela 4 pode-se observar a distribuição mensal das chuvas com destaque para os meses que ultrapassaram a precipitação média mensal. De maneira geral os meses de outubro a março foram os que apresentaram os maiores índices de precipitação nos últimos oito anos na área da pesquisa. Em janeiro de 2005 foram registrados 649,8 mm, a maior taxa mensal no período, em 2009 com 515,4 mm o mês de dezembro apresentou o maior índice pluviométrico do ano e em março de 2011 o segundo maior índice mensal no período de oito anos com 582,3 mm. Os menores índices pluviométricos foram registrados nos meses de abril a setembro, sendo que os meses de julho em: 2005, 2006, 2008 e 2011; agosto: em 2004, 2007 e 2010 e setembro: em 2004 e 2010 não registraram precipitação na área de estudo.

#### **6.1.2.3.1 Precipitação na área da pesquisa de 2009 a 2011**

Aa atividades de campo para monitoramento da umidade dentro do canal foram realizadas de 15 de abril de 2009 a 15 de dezembro de 2011 e os dados pluviométricos deste

período foram coletados através da estação meteorológica instalada na Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mais especificamente na fazenda do Glória local do experimento.

A distribuição mensal da precipitação nos últimos três anos pode ser vista na figura 38 onde em 2009, 2010 e 2011 a precipitação total anual foi de 1979,93 mm, 1358,03 mm e 1928,7 mm respectivamente.

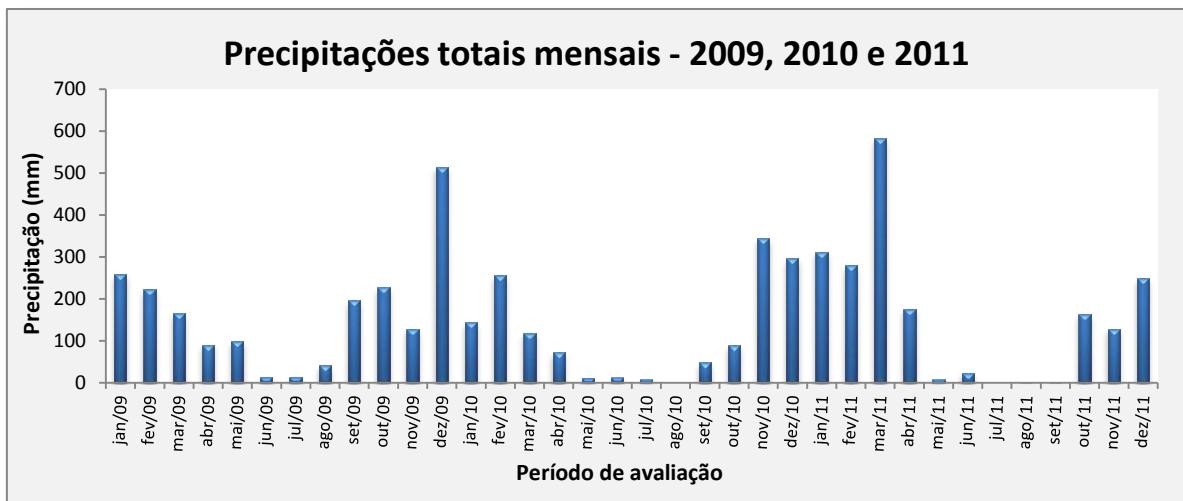


Figura 36. Valores totais mensais da precipitação de janeiro de 2009 a dezembro de 2011 na área da pesquisa. Dados do Instituto de Ciências Agrárias da UFU. Org.: Biulchi – março de 2012.

As chuvas na área da pesquisa se apresentaram em forma de a) pancadas intensas de curta duração, b) chuvas finas, constantes e com grande duração e c) com chuvas intensas e também duradouras no decorrer da pesquisa.

De acordo com a figura 36 pode-se verificar que a distribuição das médias pluviométricas anuais e mensais não é uniforme no espaço e no tempo. Pode-se verificar ainda, que existe uma alternância entre seis meses de chuva e seis meses com período mais seco (semestre úmido e semestre seco). As chuvas concentram-se nos meses de outubro a março período em que o total de chuvas pode ultrapassar 80% das chuvas anuais.

O semestre chuvoso out./2009 a mar./2010 registrou uma precipitação total de 1392,39 mm, sendo que no semestre seco de 2009 (abr./set) o índice total de chuvas foi de 460,44 mm e em 2010 o semestre seco registrou 108,1 mm. No semestre chuvoso de out./2010 a

mar./2011 foram registrados 1904,69 mm com o semestre seco de 2011 apresentando um total de 212,3 mm de chuva.

O semestre úmido 2011/2012, pelos dados levantados, já apresenta um decréscimo no total pluviométrico com relação ao anterior onde no período out./2011 a fev./2012 foram registrados 1034,44 mm.

A distribuição da chuva em quantidade de precipitação (volume) regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e a intensidade de chuvas individuais (volume/duração) são os fatores que regulam as condições ecológicas e geográficas de uma determinada região (COELHO NETTO, 2007).

Tabela 5. Distribuição da precipitação de 2009 a 2011, com o total de precipitação mensal, a precipitação máxima em 24 horas e a quantidade de dias com chuva no mês.

	2009 - Precipitação (mm)			2010 - Precipitação (mm)			2011 - Precipitação (mm)		
	Total Mensal	Máxima em 24 horas	Nº de dias com chuva	Total Mensal	Máxima em 24 horas	Nº de dias com chuva	Total Mensal	Máxima em 24 horas	Nº de dias com chuva
<b>Janeiro</b>	259,19	43,0	14	144,17	21,2	18	312,35	82,6	23
<b>Fevereiro</b>	223,12	72,0	11	256,46	105,5	10	280,2	46,4	17
<b>Março</b>	164,88	70,9	16	119,46	28,0	16	582,3	79,7	25
<b>Abril</b>	90,89	30,5	8	72,73	47,6	6	175,8	51,8	12
<b>Maio</b>	99,31	47,2	7	12,45	10,7	4	9,3	6,5	3
<b>Junho</b>	14,97	5,6	8	13,75	6,6	5	24	22,0	4
<b>Julho</b>	14,98	14,7	2	9,17	9,0	2	0	0,0	0
<b>Agosto</b>	42,93	17,3	4	0,00	0,0	0	1,6	0,9	3
<b>Setembro</b>	197,36	84,6	13	00,0	0,0	0	1,6	1,3	2
<b>Outubro</b>	227,84	61,7	17	89,11	26,7	8	163,4	27,8	19
<b>Novembro</b>	129,04	26,2	17	344,74	86,5	20	128,76	33,0	11
<b>Dezembro</b>	515,42	74,7	22	295,99	48,9	24	249,39	48,2	22
<b>Total</b>	1979,93		139	1358,03		113	1928,7		141

A tabela 5 mostra a correspondência entre o número de dias de chuva e o volume. No período da pesquisa foram registrados os maiores índices pluviométricos em um único dia que chegou a 105,5 mm/dia em fevereiro e 86,5 mm/dia em dezembro de 2010 e os dias com chuva registrados nos anos de 2009, 2010 e 2011 foram respectivamente: 139, 113 e 141.

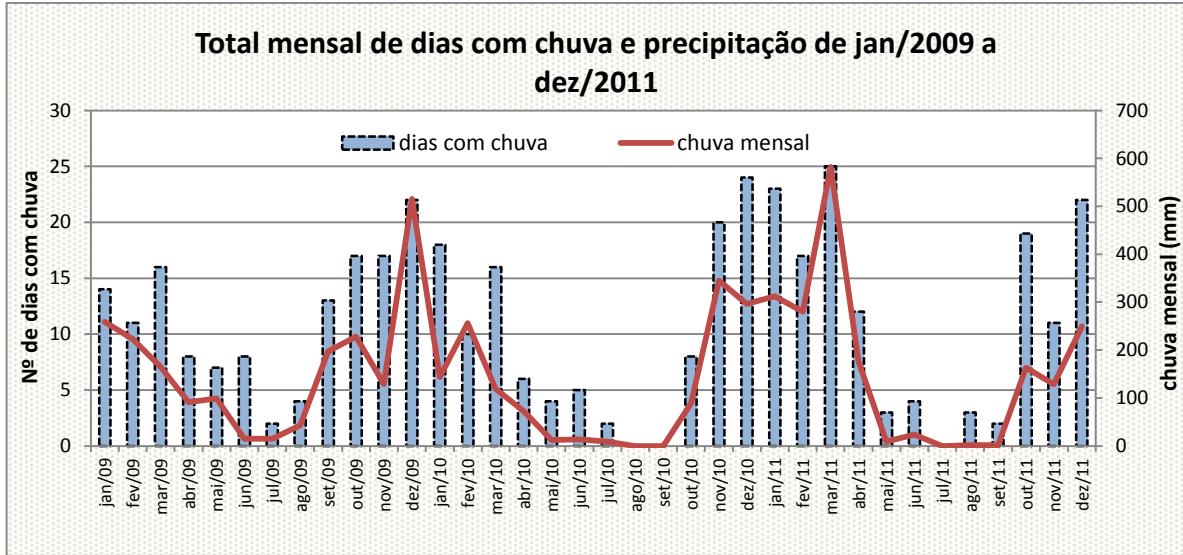


Figura 37. Distribuição anual dos dias com chuva e da precipitação total mensal no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2011 na Fazenda do Glória.

Na figura 37 pode-se observar que o mês de dezembro registrou a maior quantidade de dias com chuva nos anos de 2009 e 2010. Em 2009 foram 22 dias de chuva e um total de precipitação de 515 mm, em 2010 foram 24 dias com chuva e um total de precipitação de 296 mm. Em 2011 o mês que apresentou a maior quantidade de dias com chuva foi março com 25 dias chuvosos e 582 mm de precipitação, seguido de janeiro com 23 dias de chuva e 312 mm de precipitação e dezembro com 22 dias de chuva e um total de 249 mm de precipitação. Os menores índices pluviométricos foram registrados nos meses de abril a setembro, bem como a quantidade de dias com chuva: em 2009 no mês de julho registrou apenas 2 dias de chuva; 2010 em julho foram registrados 2 dias com chuva, não apresentando precipitação nos meses de agosto e setembro e em 2011 no mês de julho não registrou precipitação e nos meses de agosto e setembro 3 e 2 dias de chuva respectivamente na área de estudo.

Durante o tempo de execução da pesquisa no campo, foi possível observar que o período chuvoso tem relação direta com o crescimento da voçoroca, em eventos chuvosos há maior energia no meio natural, onde a chuva é a principal fonte desta energia. Um agravante é taxa média de infiltração de água no solo que é baixa e propicia rapidamente a formação de escoamentos superficiais concentrados. Assim, a maior parte dos processos envolvidos no

crescimento da voçoroca ocorre nestes períodos e provocam um intenso destacamento e transporte de sedimentos. Na figura 38 é possível observar a quantidade de sedimentos que chega a foz da voçoroca através da enxurrada em um evento chuvoso. Em eventos chuvosos onde a chuva é mais concentrada a área apresenta escoamento da água em forma laminar e concentrada em grandes volumes.

De acordo com Bertoni e Lombardo Neto (1990) a chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão, onde o volume e velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência da chuva. A intensidade é o fator mais importante, pois quanto maior a intensidade maior a perda por erosão.



Figura 38. Evento chuvoso, com precipitação de 40,89 mm no dia 24 de dezembro de 2009, com imagens da região da foz da voçoroca. A figura A mostra o vertedouro e a quantidade de água com sedimentos que chega ao córrego no momento da chuva.



Continuação da figura 38. As figuras B e C mostram o assoreamento provocado pela entrada de sedimentos no Córrego do Glória durante a chuva. (Org.: Biulchi, 2012).

### 6.1.3 Determinação da umidade no solo

A voçoroca, objeto deste estudo, apresenta na sua cabeceira principal quatro áreas de exudação do lençol freático, que segundo Alves, (2007) podem permanecer ativos durante todo o ano e/ou ocorrerem de forma intermitente dependendo do nível do lençol. O canal delimitado para este estudo apresenta exudação do lençol freático com a exfiltração do fluxo superficial/subsuperficial iniciando nos meses de novembro/dezembro e permanecendo até julho do ano seguinte apresentando alagamento em alguns pontos.

A determinação da umidade no solo é uma importante ferramenta nos estudos relacionados à recuperação de áreas degradadas. É a relação existente entre a quantidade de água presente no solo em um dado momento, e a quantidade total do solo.

A análise do teor de umidade foi determinada por método gravimétrico, através da razão entre peso da água contida na amostra e o peso da parte sólida. As amostras foram coletadas em três pontos previamente demarcados (Figuras 32,33 e 34) com uso de trado a 20 cm e 50 cm de profundidade semanalmente. As amostras foram colocadas em embalagens plásticas identificadas e bem vedadas para não perder o teor de umidade original.

No laboratório, estas amostras foram colocadas em recipientes com pesos conhecidos, pesadas em balança de precisão e colocadas numa estufa de ventilação forçada a 105° C por 24 horas (Figura 39).



Figura 39. Análise do teor de umidade no solo pelo método gravimétrico. A figura A mostra as amostras de campo identificadas. Na figura B observa-se a pesagem das amostras e na sequencia a figura C mostra a estufa com as amostras para secagem.

Na sequência, (Figura 40) foram retiradas da estufa e pesadas novamente as amostras secas, sendo a diferença entre estas massas a massa de água. Com estes dados o teor de umidade foi calculado e o resultado é obtido em percentual de umidade no solo.

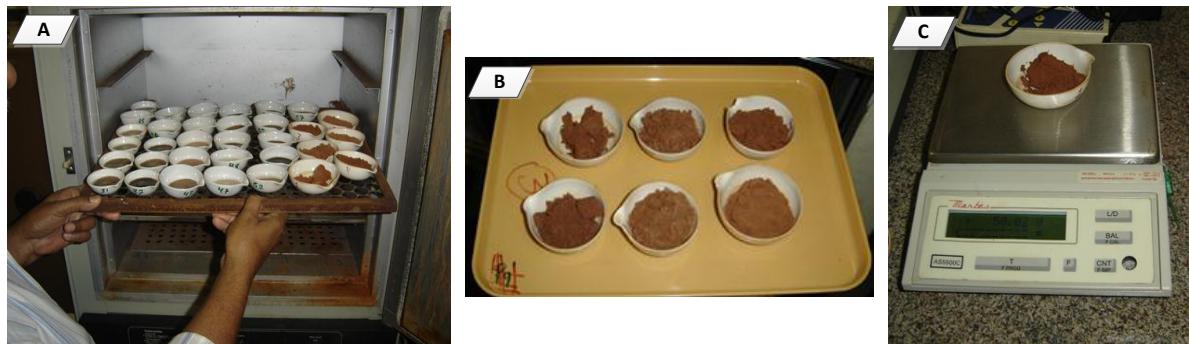


Figura 40. Procedimentos de laboratorio para análise do teor de umidade no solo. A figura A mostra a retirada das amostras da estufa, a figura B as amostras secas e separadas para pesagem e a balança de precisão na figura C fazendo a pesagem final das amostras.

Este trabalho possibilitou a obtenção de umidade média do solo no decorrer do experimento. Foram realizadas 132 amostragens no decorrer do experimento no período de 15 de abril de 2009 a 15 de dezembro de 2011.

### **6.1.3.1 Umidade no solo dentro do canal**

As variações de umidade no solo dentro do canal, no decorrer de 2009, 2010 e 2011, podem ser observadas nas figuras 41, 42, 43 e 44 que apresentam índices semanais mensais nos Pontos 1, 2 e 3 a vinte (20) e cinquenta (50) cm de profundidade.

O índice mais baixo de umidade no solo registrado no período de estudo, ocorreu no ponto 1 a 20 cm de profundidade, apresentando 2% de umidade em setembro de 2010, este dado pode ser atribuído à falta de chuvas nos meses de agosto e setembro de 2010 (Figura 43). O ponto 1 foi o que apresentou os menores índices de umidade no solo no período estudado, o que podemos atribuir a sua localização, a montante, logo no início do canal e com altura máxima de 0,80 metros.

O índice mais alto de umidade no solo, registrado no período de estudo, ocorreu no ponto 3 a 50 cm de profundidade com 40% de umidade em março de 2011, este índice pode ser atribuído a precipitação neste período, que superou todos os outros índices mensais registrados de abr. de 2009 a dez. de 2011(Figura 42).

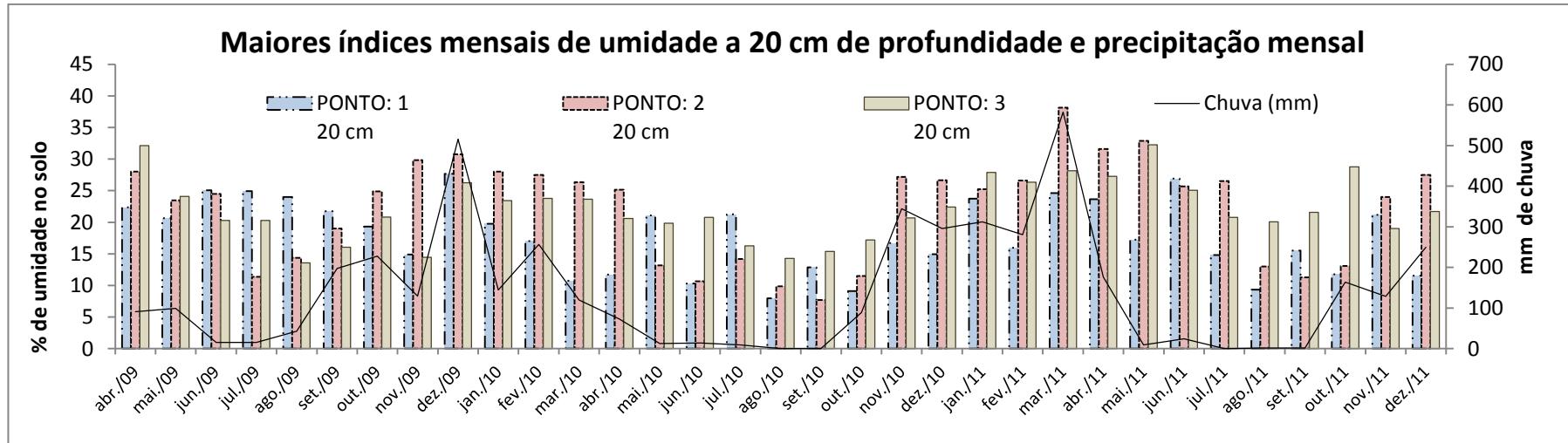


Figura 41. Gráfico dos maiores índices mensais de umidade no solo, a vinte (20) cm de profundidade, nos pontos 1, 2 e 3 e índice de precipitação mensal no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.

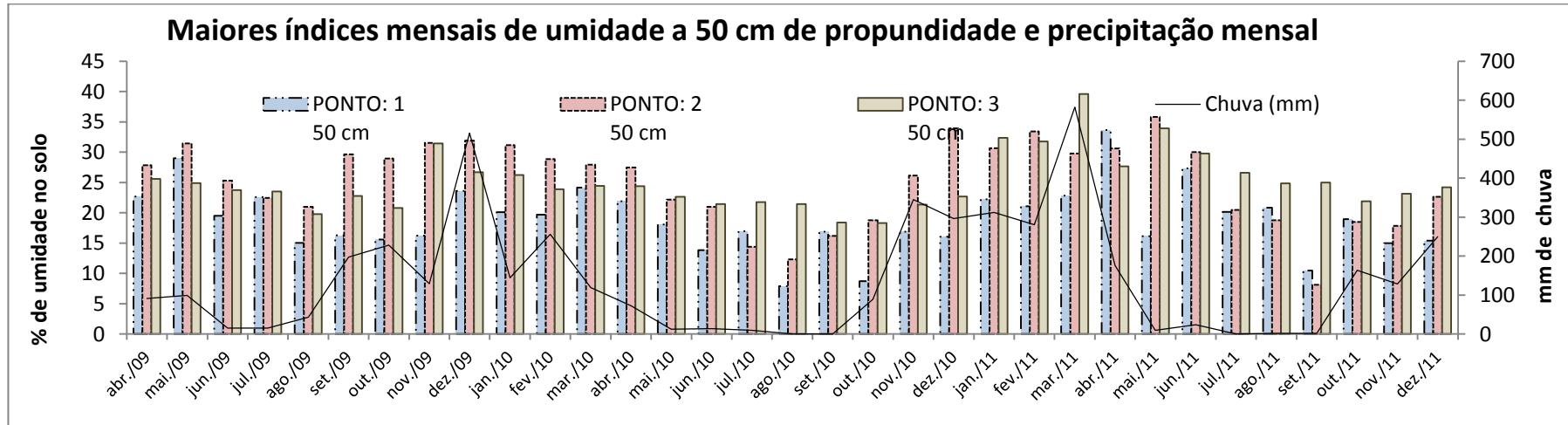


Figura 42. Gráfico dos maiores índices mensais de umidade no solo, a cinquenta (50) cm de profundidade, nos pontos 1, 2 e 3 e índice de precipitação mensal no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.

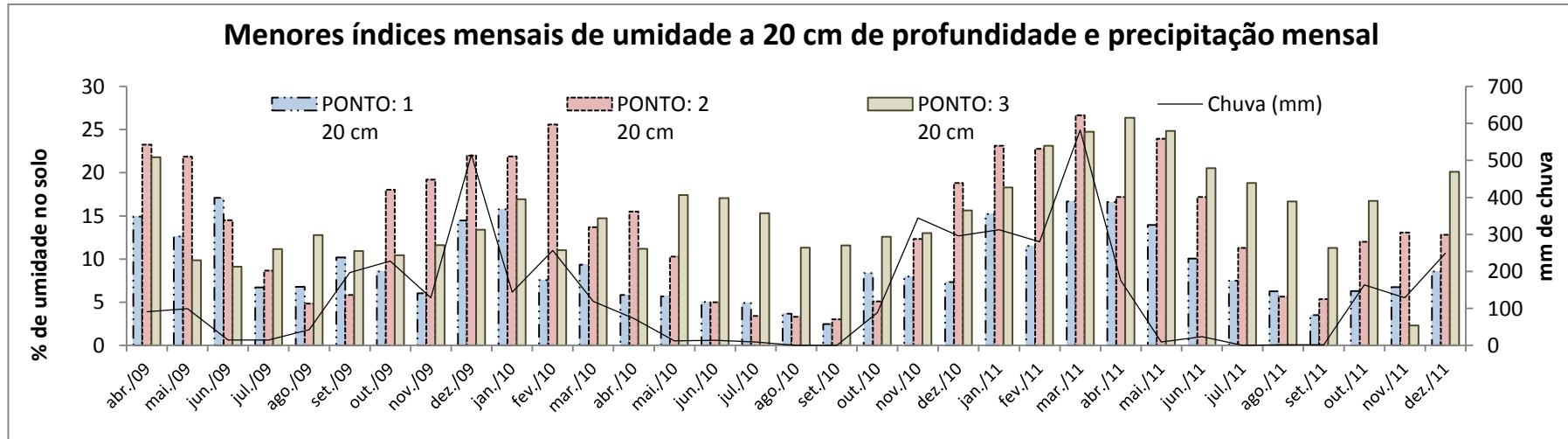


Figura 43. Gráfico dos menores índices mensais de umidade no solo, a vinte (20) cm de profundidade, nos pontos 1, 2 e 3 e índice de precipitação mensal no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.

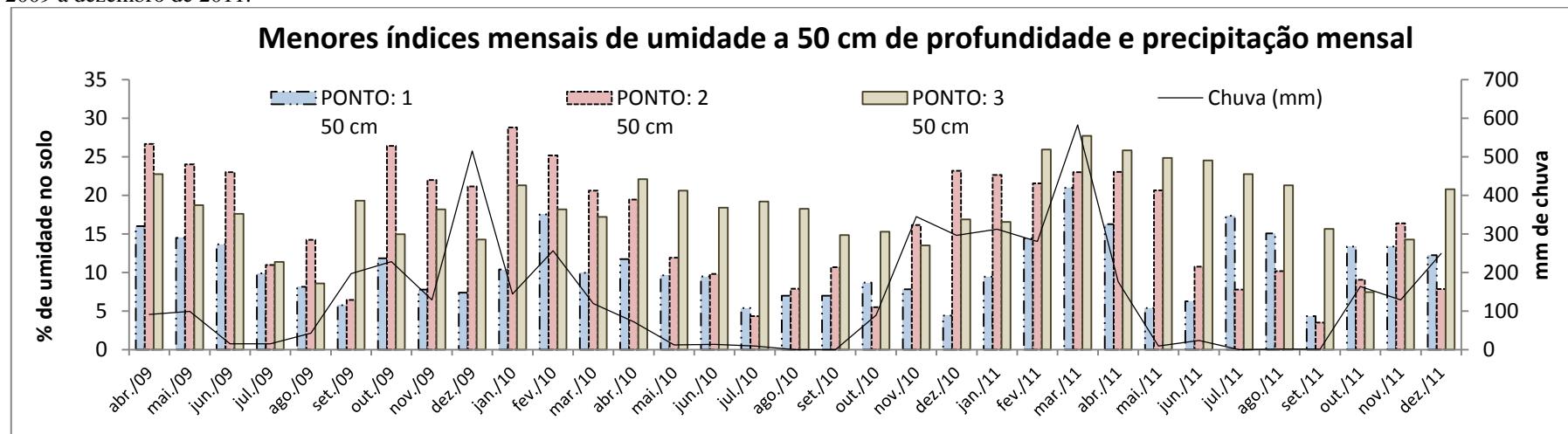


Figura 44. Gráfico dos menores índices mensais de umidade no solo, a cinquenta (50) cm de profundidade, nos pontos 1, 2 e 3 e índice de precipitação mensal no período de abril de 2009 a dezembro de 2011.

#### **6.1.3.1.1 Oscilação média de umidade no solo**

A oscilação média de umidade no solo no período da pesquisa pode ser observada nas figuras 45, 46 e 47.

No ponto 1 as maiores médias de umidade no período de estudo foram registradas de 24 de fevereiro a 5 de maio de 2011 a 20 e 50 cm de profundidade com 21,19 % e 19,99 % respectivamente. As menores médias de umidade no período de 14 de julho a 24 de agosto/2011 a 50 cm de profundidade com 8,09 % e a 20 cm de profundidade com 10,82 % de 22 de abril a 18 de novembro de 2010 (Figura 44).

O ponto 1 foi o que apresentou as menores médias de umidade no solo a 20 e 50 cm de profundidade e registrou a maior oscilação no período, com mudanças médias no teor de umidade em menor espaço de tempo, o que pode ser atribuído a sua localização no início do canal, a montante, e apresentando uma profundidade aproximadamente 1 metro neste ponto.

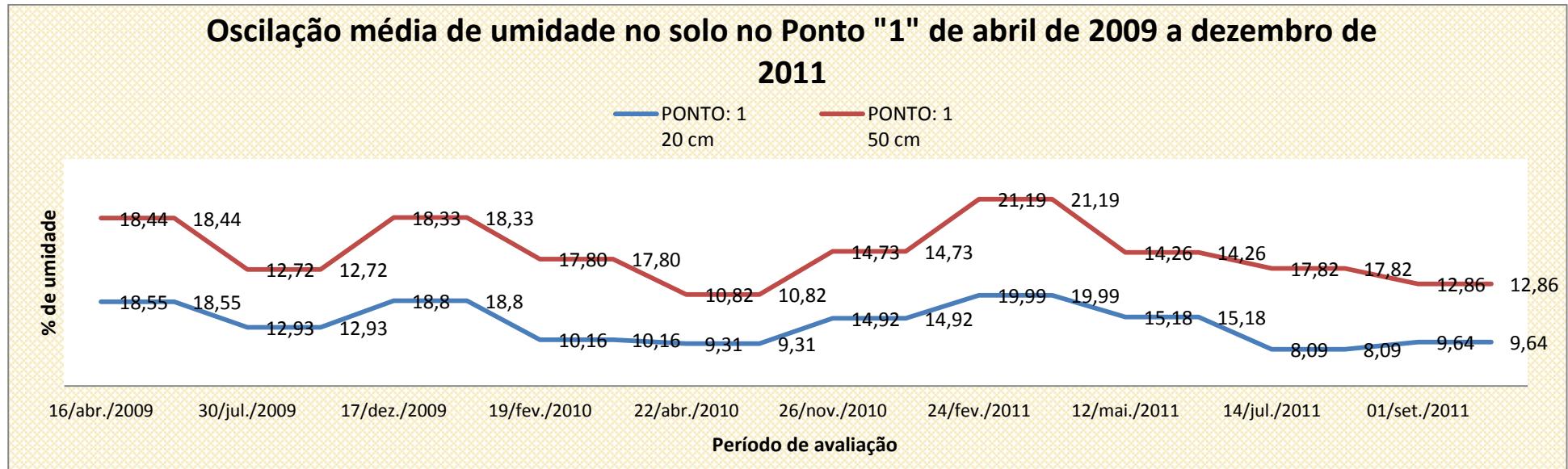


Figura 45. Variação média da umidade no solo no ponto 1 a 20 e 50 cm de profundidade.

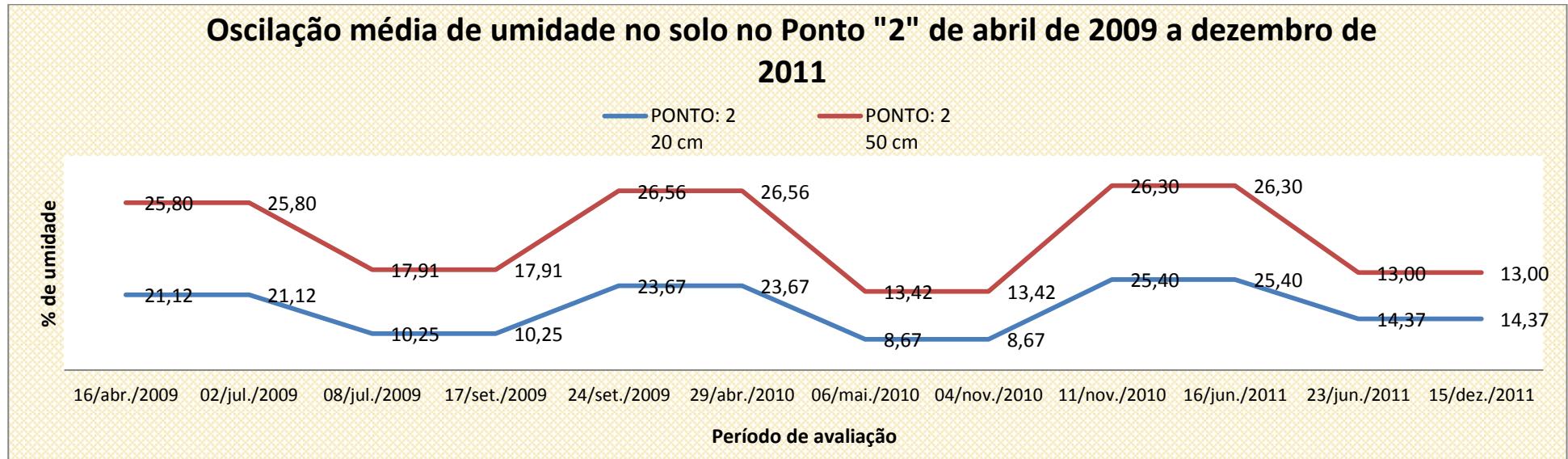


Figura 46. Variação média da umidade no solo no ponto 2 a 20 e 50 cm de profundidade.

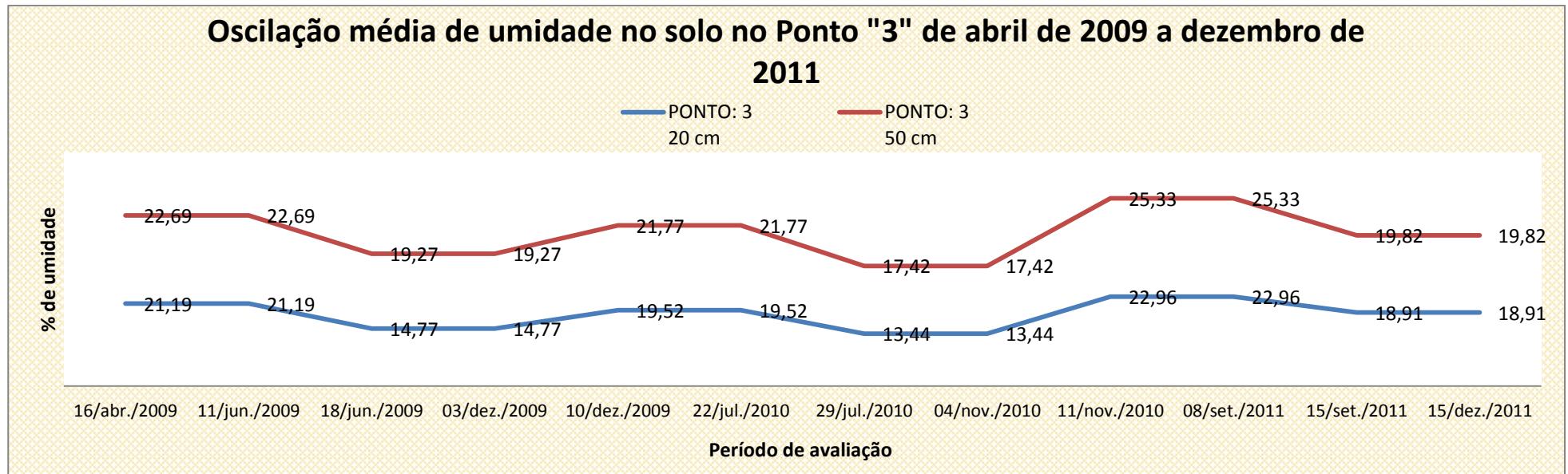


Figura 47. Variação média da umidade no solo no ponto 3 a 20 e 50 cm de profundidade.

No ponto 2 na área mediana do canal, as médias de umidade, de modo geral, se apresentaram como as mais elevadas no período da pesquisa, podemos observar na figura 46 as médias: 25,80% de abril a junho de 2009, 26,56% de 24 de setembro de 2009 a 24 de abril de 2010 e 26,30 % de novembro de 2010 a junho de 2011 a 50 cm de profundidade. Este ponto apresentou uma menor oscilação na umidade no solo com relação ao espaço temporal, e a menor média neste ponto foi registrada no período de 6 de maio a 4 de novembro de 2010 com 8,67% a 20 cm de profundidade. Esta área foi a que apresentou maior umidade aparente, onde no decorrer da pesquisa, apresentou períodos de encharcamento com duração variando de 5 a 15 dias consecutivos.

No Ponto 3 , a jusante, podemos observar que a variação no percentual médio de umidade no solo é menor com relação aos outros dois pontos, a umidade neste ponto é mais constante e apresenta uma variação média de 17,42% a 25,33 a 50 cm de profundidade e de 13,44 % a 22,96 % a 20 cm de profundidade (Figura 47). Este ponto apresentou um maior percentual de argila na composição do solo, sendo o ponto mais baixo no interior do canal em estudo (2,5m), no entanto não apresenta encharcamento aparente nem mesmo no período das chuvas. Vale salientar que nesta área (Ponto 3) a jusante, o fluxo de água escoa em um canal entalhado a margem esquerda que lentamente está se aprofundando (Figura 48).



Figura 48. Visão da área onde se localiza o ponto 3 de coleta de solo para avaliação de umidade , indicado com a seta amarela. O canal de escoamento de água nesta área pode ser observado à direita na imagem indicado com a seta azul.

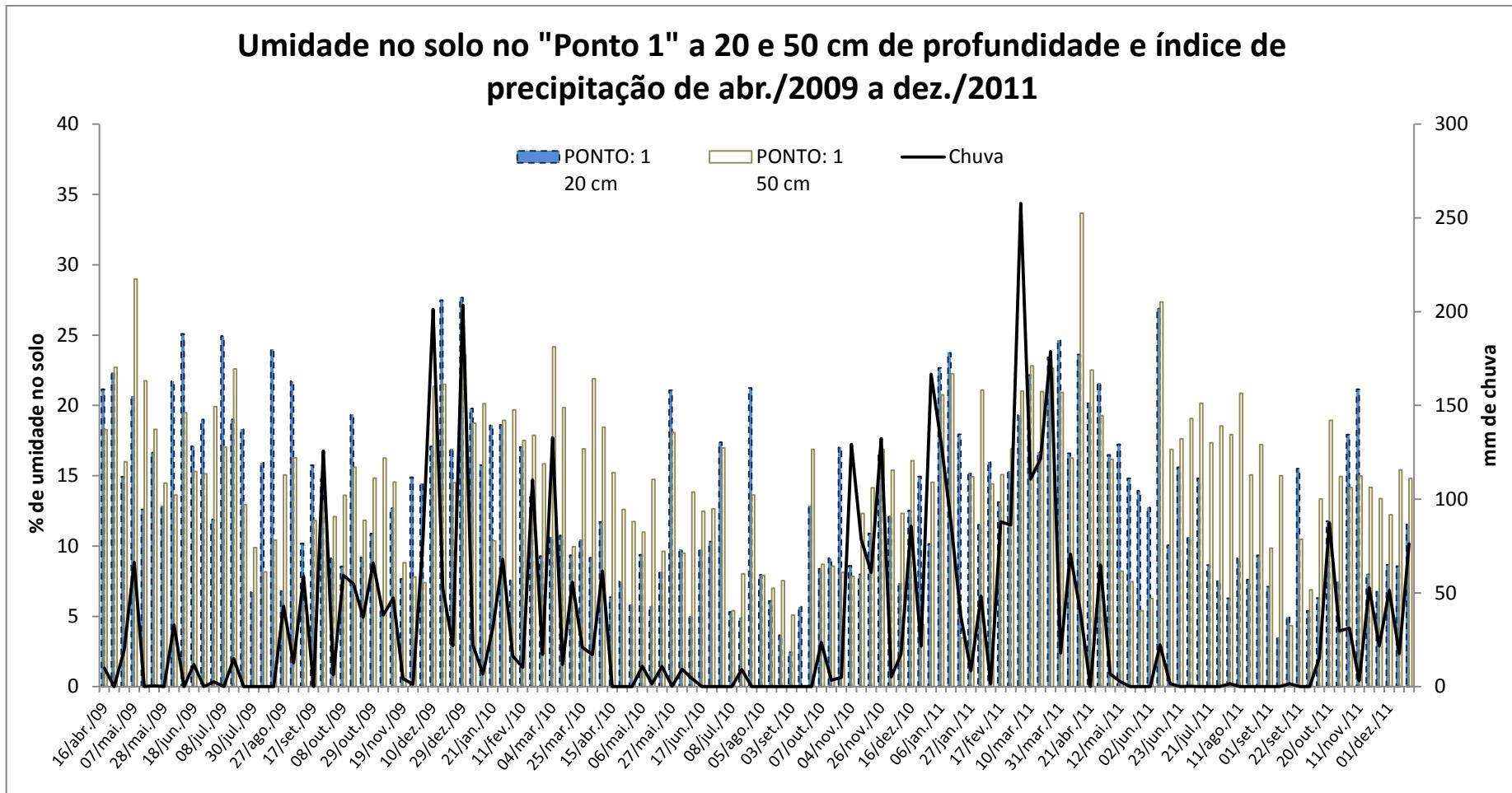


Figura 49. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade e precipitação de abril de 2009 a dezembro de 2011 no ponto “1” localizado no início do canal.

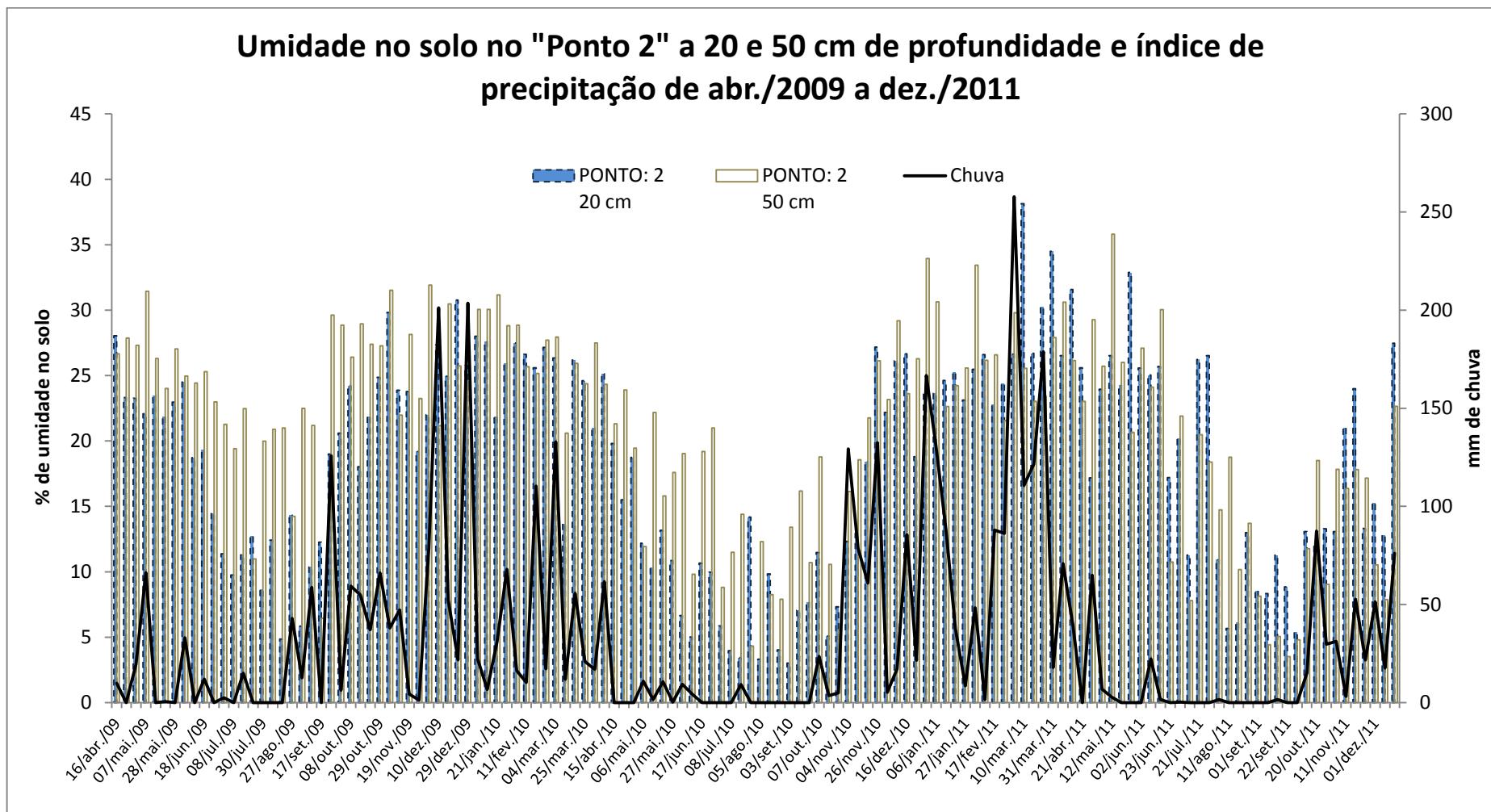


Figura 50. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade e precipitação de abril de 2009 a dezembro de 2011 no ponto “2” localizado na parte mediana do canal.

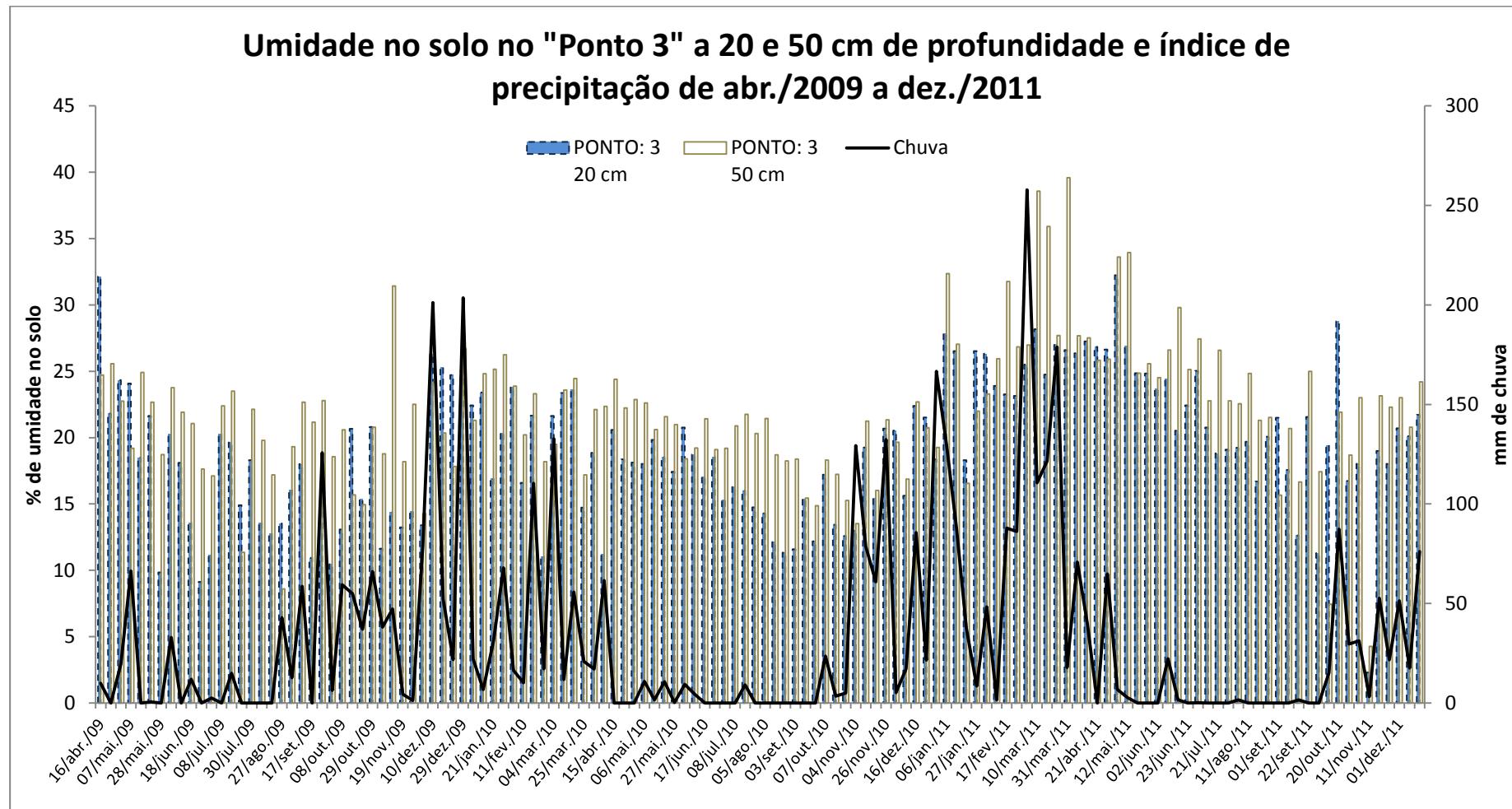


Figura 51. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade e precipitação de abril de 2009 a dezembro de 2011 no ponto "3" localizado a jusante.

As variações de umidade no solo nos pontos 1, 2 e 3 (Figuras 49, 50 e 51), dentro do canal, apresentaram maior umidade no solo a 20 cm de profundidade no ponto 2 com 38,14 % no mês de março/2011, seguido pelo ponto 3 com 32,24% em maio/2011 e ponto 1 com 27,67 % em dezembro/2009. A 50 cm de profundidade a maior umidade no solo foi no ponto 3 com 39,90 %% no mês de março/2011, seguida pelo ponto 2 com 35,81 % no mês maio/2011 e pelo ponto 1 com 33,67 % no mês de abril/2011. As menores umidades registradas no solo no período da pesquisa a 20 cm de profundidade ocorreram nos meses de setembro/2010 com 2,47 % no ponto 1 e 3,02 % no ponto 2 e em 2011 no mês de setembro foram registrados 3,51 % no ponto 1 e 5,37 % no ponto 2. No ponto 3 a menor porcentagem de umidade no solo foi de 9,13 em junho de 2009.

É possível observar nas figuras 49, 50 que a umidade no solo nos pontos 1 e 2 acompanha o regime de chuvas, apresentando diminuição dos índices no período de seca. O ponto 3 apresentou a menor oscilação de umidade no solo, mantendo índices elevados mesmo nos períodos de seca (Figura 51).

#### **6.1.3.1.2      Média mensal de umidade no solo no período da pesquisa**

A variação média mensal de umidade no solo no período de abril de 2009 a dezembro de 2011 e a precipitação total mensal deste mesmo período nos pontos 1, 2 e 3 podem ser observada nas figuras 52 e 53.

As menores médias mensais de umidade no solo no decorrer da pesquisa a 20 cm de profundidade nos pontos 1, 2 e 3 foram observadas em agosto/2010 com 5,9%, 5,7 % e 12,6 % respectivamente e a 50 cm de profundidade: no ponto 1 em agosto/2010 com 7,5%, ponto 2 setembro/2011 com 5,2% e no ponto 3 em outubro/2011 com 14,7%.

As maiores médias de umidade mensais a 20 cm de profundidade foram registradas no mês de março de 2011 nos pontos 1 com 21,42 %, ponto 2 com 31,25%, e no ponto 3 foi registrada no mês de maio com 27,22%. A 50 cm de profundidade as maiores médias foram registradas: pontos 1 em abril/2011 com 22,92%; ponto 2 em janeiro/2010 e fevereiro/2011 com 30 % e no ponto 3 em março/2011 com 33,8%.

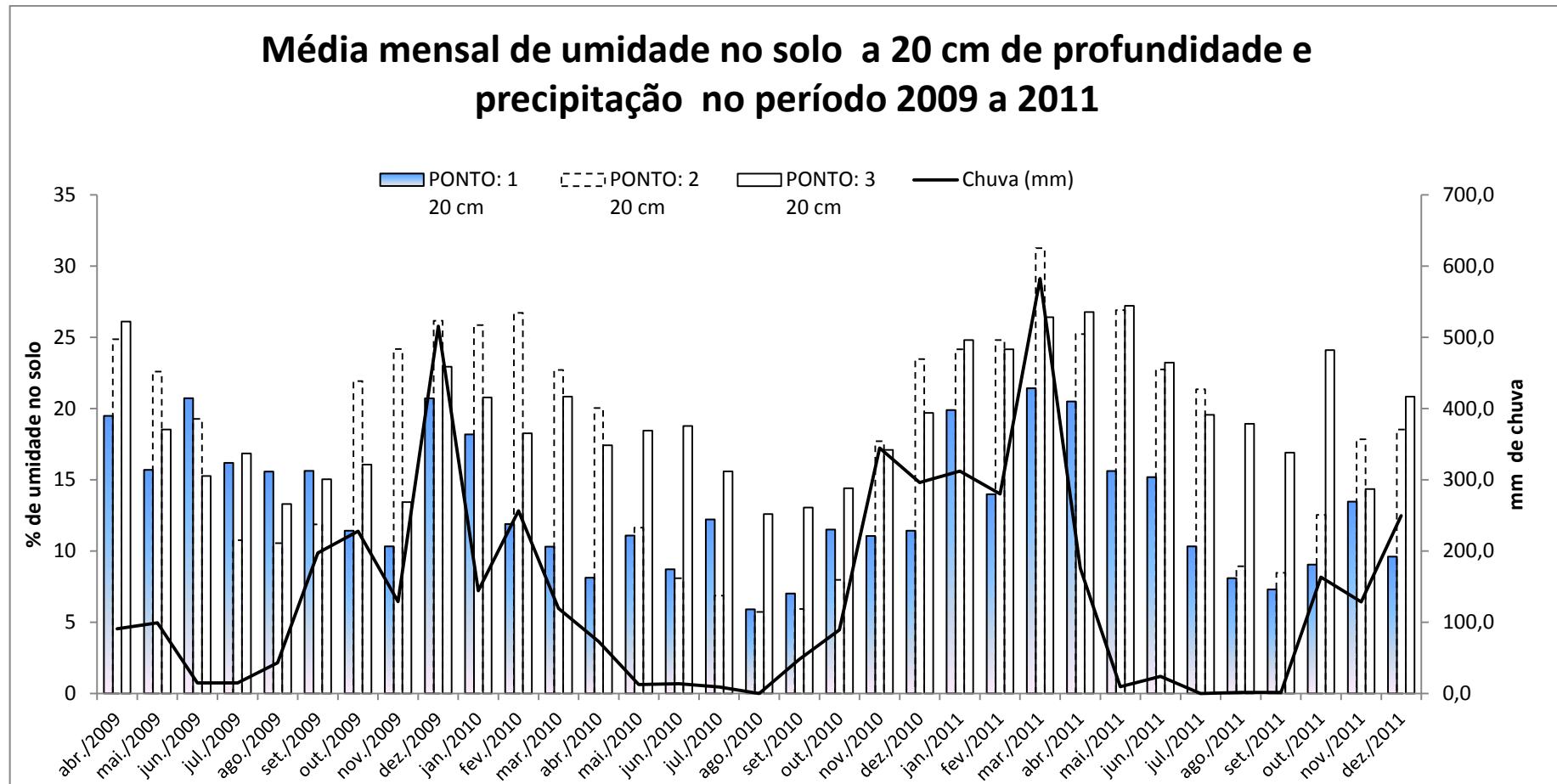


Figura 52. Gráfico de variação média mensal de umidade no solo a 20 cm de profundidade nos pontos 1, 2 e 3 e da precipitação no período de abril de 2009 a dezembro de 2011 na área da pesquisa.

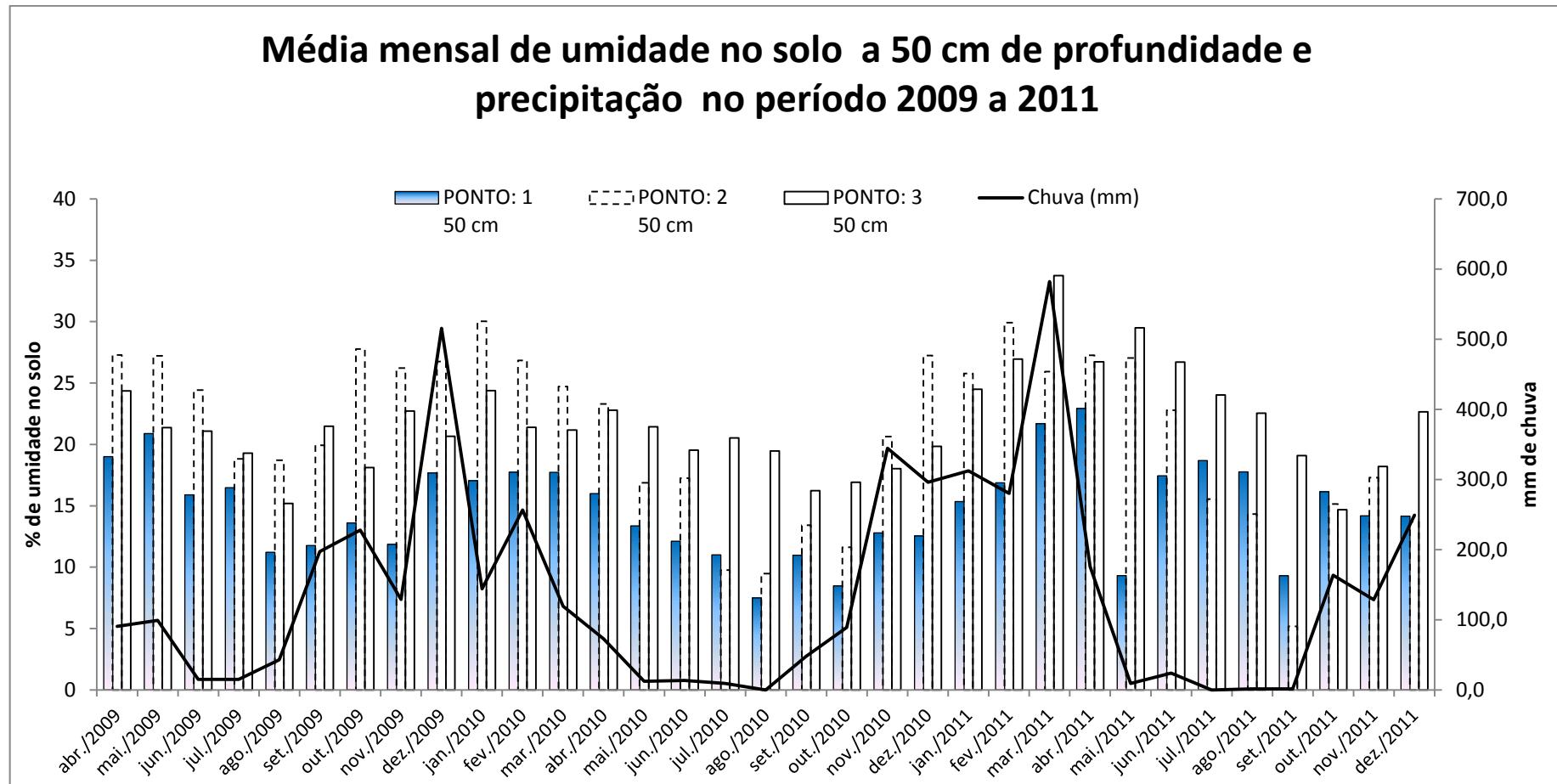


Figura 53. Gráfico de variação média mensal de umidade no solo a 50 cm de profundidade nos pontos 1, 2 e 3 e da precipitação no período de abril de 2009 a dezembro de 2011 na área da pesquisa.

O ponto 1 apresentou a média mensal de umidade mais baixa da área de estudo entre os três pontos, as maiores médias mensais de umidade registradas neste ponto (de 18 % a 21,5 %) foram nos meses de abril, junho e dezembro de 2009, janeiro de 2010 e janeiro, março e abril de 2011.

No ponto 2, os maiores índices médios mensais de umidade no solo (18% a 31,25%) ocorreram nos meses de abril, maio, junho, outubro, novembro e dezembro de 2009, em 2010 nos meses de janeiro a abril e dezembro e em 2011 nos meses de janeiro a julho, e dezembro.

No ponto 3 os maiores índices de umidade (18% a 27,2%) foram registrados nos meses de abril, maio e dezembro de 2009, janeiro, fevereiro, março, maio, junho e dezembro de 2010 e no ano de 2011 nos meses de abril maio e dezembro de 2009, janeiro a junho e dezembro de 2010 e janeiro a agosto e dezembro de 2011.

É possível observar nas figuras 52 e 53 que o período que registra os maiores índices médios de umidade no solo acompanha o regime das chuvas, no entanto a umidade se mantém com índices médios elevados mesmo no período de seca. O ponto 3, a jusante, foi o que apresentou a menor oscilação na umidade média no decorrer do ano, mantendo um percentual médio acima de 13% no período da seca.

## 6.1.4 CONCLUSÕES

### 6.1.4.1 Precipitação na área da pesquisa

A média anual de precipitação dos últimos 12 anos (2000 a 2011), na área de estudo foi de 1745,89 mm.

As quantidades totais de precipitação na área de estudo durante o período da pesquisa foram: 2009 - 1979,93 mm, 2010 - 1358,03 mm e 2011 - 1934,05 mm.

A distribuição das médias pluviométricas anuais e mensais não é uniforme no espaço e no tempo. Quando se compara a precipitação mensal, a variabilidade temporal torna-se mais significativa, pois a quantidade de chuva distribuída em relação aos meses do ano é muito irregular.

Pode-se verificar que existe uma alternância entre seis meses de chuva e seis meses com período mais seco (semestre úmido e semestre seco). Os meses de outubro a março foram os que apresentaram os maiores índices de precipitação nos últimos oito anos, na área da pesquisa, e os menores índices pluviométricos foram registrados nos meses de abril a setembro.

O semestre chuvoso out./2009 a mar./2010 registrou uma precipitação total de 1392,39 mm, sendo que no semestre seco de 2009 (abr./set) o índice total de chuvas foi de 460,44 mm e em 2010 o semestre seco registrou 108,1 mm.

No semestre chuvoso de out./2010 a mar./2011 foram registrados 1904,69 mm com o semestre seco de 2011 apresentando um total de 212,3 mm de chuva.

O semestre úmido 2011/2012, pelos dados levantados, já apresenta um decréscimo no total pluviométrico com relação ao anterior onde no período out./2011 a fev./2012 foram registrados 1034,44 mm.

Durante o período de pesquisa no campo foi possível observar que o período das chuvas tem relação direta com o crescimento da voçoroca, período que existe maior energia no meio natural, onde a chuva é a principal fonte desta energia.

#### **6.1.4.2    Umidade no solo na área da pesquisa**

O ponto 1 foi o que apresentou as menores médias de umidade no solo a 20 e 50 cm de profundidade e registrou a maior oscilação no período, com mudanças médias no teor de umidade em menor espaço de tempo, o que pode ser atribuído a sua localização no início do canal, a montante, e apresentando uma profundidade aproximadamente 1 metro neste ponto.

Na área mediana do canal, o ponto 2 foi o que apresentou a menor oscilação na umidade no solo com relação ao espaço temporal, e a menor média neste ponto foi registrada no período de 6 de maio a 4 de novembro de 2010 com 8,67% a 20 cm de profundidade. Esta área foi a que apresentou maior umidade aparente, onde no decorrer da pesquisa, apresentou períodos de encharcamento com duração variando de 5 a 15 dias consecutivos.

No Ponto 3 , a jusante, podemos observar que a variação no percentual médio de umidade no solo é menor com relação aos outros dois pontos, a umidade neste ponto é mais constante.

Ao analisarmos os índices de umidade dentro do canal juntamente com os índices de precipitação, é possível afirmar que a umidade dentro do canal é consequência direta da precipitação no período chuvoso, e de forma indireta nos outros meses do ano, quando a exfiltração e exudação são consequências das águas da chuva que infiltram na alta vertente, chegando ao córrego através do lençol freático que aflora na média vertente (área da voçoroca).

Umidade no solo dentro do canal acompanha o regime das chuvas, porém no interior da voçoroca permanece alta mesmo após o período chuvoso, o que vem demonstrar que esta relacionada à água que exfiltra dos pontos mais altos da vertente. A voçoroca localiza-se na região de média para baixa vertente, sobre contatos litológicos mais permeáveis e com uma extensa área de alimentação do lençol freático a montante, características que formam as condições ideais para que a água exude nesta área e mantenha o canal da voçoroca alimentado de água durante o ano todo (ALVES, 2007).

As menores médias mensais no período da pesquisa foram de 5,7% a 20 cm de profundidade e 5,2 % a 50 cm de profundidade no ponto 2 em agosto/2010 e setembro 2011 respectivamente e as maiores médias mensais ocorreram em março de 2011 nos pontos 3 e 2 com 31,25% e 33,8 % respectivamente.

Os dados levantados demonstram que dentro do canal a umidade anual é constante. O ponto 1 apresenta a média mensal de umidade mais baixa da área de estudo, as maiores médias foram registradas no ponto 2 na parte mediana do canal.

O ponto três, a jusante, apresentou a menor variação média de umidade dentro do canal e a 50 cm de profundidade e apresentou a maior média de umidade no solo durante o período da pesquisa. O que pode ser atribuído a sua profundidade que neste ponto está a aproximadamente 2,5 m, sendo o ponto mais baixo do canal delimitado para o estudo e pela análise granulométrica, que o classificou a 50 cm de profundidade, como Franco argilo arenoso.

Os maiores percentuais de umidade no solo acompanham o regime das chuvas, isto é, ocorrem no período de outubro a março e se estendendo por mais meses de acordo com o índice de precipitação.

Na área de estudo a água no solo é regulada pelos índices pluviométricos que regulam a água subsuperficial que exuda na área da pesquisa.

## **6.2 ESTABELECIMENTO DE *GLIRICIDIA SEPIUM* PLANTADA DENTRO DE VOÇOROCA ATIVA COM LENÇOL AFLORADO E EM ÁREA DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG.**

### **6.2.1 INTRODUÇÃO**

O Cerrado, também teve sua ocupação intensificada pela atividade agrícola em função do “desenvolvimento”. A atividade humana, sem conhecimento da importância dos recursos naturais e pela falta de planejamento no uso e manejo do solo tem sido a causa da degradação dos ambientes naturais. Guerra (2003) destaca que toda intervenção do homem sobre o relevo terrestre demanda a ocupação e a transformação da sua superfície e, de acordo com o tamanho desta intervenção, das práticas de conservação adotadas e dos riscos geomorfológicos envolvidos, os impactos ambientais por ela gerados poderão ocasionar grandes prejuízos aos meios físicos e ao próprio homem.

Em climas tropicais sazonais, onde os totais pluviométricos são mais elevados e as chuvas concentram-se em determinadas estações do ano, a erosão é mais agravada, chegando às formas mais avançadas do processo erosivo, no qual os sulcos atingem grandes proporções, expondo as partes mais profundas do solo. A energia e os excessivos hídricos após as chuvas, ao se dissiparem em escoamentos superficiais e subsuperficiais, podem alterar a variação na vazão da água dentro dos canais e como consequência provocar a elevação do lençol freático em determinadas épocas do ano.

Ao se empregarem práticas conservacionistas e/ou técnicas alternativas para a contenção de ravinas e voçorocas, leva-se em consideração as especificidades regionais e

locais. São várias as técnicas que podem ser utilizadas para estabilizar ou recuperar áreas degradadas por processos erosivos, assim é importante que se faça um estudo para avaliar a sua viabilidade e aplicabilidade. Estudos demonstram que o uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas tem dado bons resultados.

Dependendo das características físico-químicas do solo e do grau de umidade o estabelecimento de estabelecimento de plantas fica comprometido. Este trabalho teve como objetivo avaliar o estabelecimento de leguminosa arbórea (*Gliricidia sepium*) no interior de uma voçoroca que apresenta lençol freático aflorado durante alguns meses do ano, fazendo o monitoramento da umidade dentro do canal no decorrer de um ano buscando conhecer a sua adaptação para uso na recuperação de áreas degradadas.

#### **6.2.1.1 Uso de leguminosas para recuperação de áreas degradadas**

Área degradada por processos erosivos, não apresenta mais uma matriz de solo e sim de material mineral com uma estrutura física pobre e com o subsolo exposto. Estudos demonstram que o uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas tem dado bons resultados.

De acordo com Fortes et al. (2004), o sistema radicular em espécies arbóreas permite a absorção e acúmulo de nutrientes de uma grande parcela de solo, que será distribuído por toda a superfície via serrapilheira e devido à capacidade que as plantas leguminosas apresentam de simbiose com o rizobium e associação com fungos micorrízicos aumenta a sua capacidade de se estabelecer em condições de solos pobres, principalmente em Fósforo.

Outra importante contribuição do uso de plantas leguminosas ocorre pelo aporte de matéria orgânica, através da deposição de suas folhas e galhos senescentes, podendo vir a melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo.

### 6.2.1.2 Descrição e Características da *Gliricidia sepium* (Jacq.)

Família Leguminosae e subfamília Fabaceae (Papilionoideae), nativa do México e América Central, encontrada em regiões localizadas desde o nível do mar até 1500 m de altitude, com precipitação de 600 a 3500 mm ao ano, suportando até oito meses de seca (DUNSDON & HUGHES 1991; PARROTTA, 1992). Planta perene, caducifólia, porte arbóreo com 12 a 15 m de altura e diâmetro do caule com até 0,30 m, crescimento rápido, fácil reprodução (sexuada e assexuadaamente) e excelente capacidade de rebrota. O sistema radicular é bem desenvolvido e associa-se a bactérias do gênero Rhizobium, originando um grande número de nódulos, responsáveis pela fixação de nitrogênio (FRANCO, 1988; FRANCO et al., 2003).

Na conservação de solos, Perino (1979), recomenda o uso da espécie para controle de erosão, estabilização de terraços e recuperação de ecossistemas degradados. Corrêa et al., (2006) observaram, em sistema agroflorestal, uma produção anual de serrapilheira para a *G. sepium* de 3,43 t ha<sup>-1</sup>. Costa et al., (2004) observaram que a concentração de nutrientes e polifenós solúveis na serrapilheira da *G. sepium* utilizada na revegetação em área degradada em Kg ha<sup>-1</sup> foram de; N - 67,98; P - 3,17; K – 11,88; Ca - 63; Mg – 25,08 e polifenóis 42,9 perfazendo um total de 171 Kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes na serrapilheira.

## 6.2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre fevereiro de 2009 e abril de 2010, com o monitoramento do lençol freático no interior do canal e a implantação de leguminosas arbóreas objetivando avaliar o seu desenvolvimento no interior de uma voçoroca que apresenta lençol aflorado em determinado período do ano. A quantificação da umidade é de fundamental importância quando se quer estabelecer espécies vegetais para a recuperação de área degradada, pois a mesma pode limitar o desenvolvimento vegetativo.

O experimento consiste no plantio de mudas de *Gliricidia sepium*, produzidas a partir de sementes, tendo como variável o local de plantio (dentro do canal e na área de cerrado no entorno da voçoroca) utilizando recomendações padrão de plantio e adubação com o objetivo de avaliar a mudança de comportamento da planta dentro da voçoroca com relação à planta no campo em condições físico ambientais de cerrado. O delineamento do experimento foi inteiramente casualizado com três repetições. As leguminosas arbóreas (*Gliricidia sepium*) foram distribuídas de forma aleatória nas duas áreas delimitadas.

As plantas de *Gliricidia sepium* utilizadas no experimento foram produzidas no Instituto Federal do Triângulo – Campus Uberaba (Figura 54) em viveiro de produção de mudas que apresenta tela sombrite com retenção de 50 % da luminosidade.

As sementes apresentaram impermeabilidade do tegumento a água por isto foram submetidas ao tratamento de quebra de dormência com ácido sulfúrico (10 minutos no ácido sulfúrico e na sequência lavadas em água corrente), logo após a lavagem foi efetuada a inoculação nas sementes que foram deixadas para descansar a sombra antes de se efetuar o plantio.

O substrato comercial utilizado foi o Bioplant com a utilização de 2 partes de substrato para 1 parte de esterco de gado curtido e peneirado e 18 Kg de Termofosfato (Yoorin) / m<sup>3</sup> de

substrato. O substrato foi bem homogeneizado antes do enchimento dos tubetes com capacidade individual de 280 cm<sup>3</sup>. O semeio foi realizado no dia 23 de setembro de 2008. Antes do semeio, foi introduzido ao substrato, em cova feita manualmente, o fungo micorrízico, sobre ele foi feita a distribuição das sementes inoculadas, colocando-se 3 sementes por tubete, fazendo-se a cobertura com o substrato e na sequência a irrigação.



Figura 54. Produção de mudas de *Gliricidia sepium*. A figura A mostra as sementes de gliricidia inoculadas com rizobium. Na figura B observa-se as mudas de gliricidia, semeadas em tubetes, 32 dias após o plantio e a figura C uma muda de gliricidia aos 6 meses mostrando o desenvolvimento do sistema radicular.

As análises físico-químicas (textura, propriedades químicas e teores de matéria orgânica) do solo foram realizadas nas duas áreas selecionadas para o estudo onde em cada

área foram coletadas amostras de solo a 20 e 40 cm de profundidade com o auxílio do trado holandês.

O experimento foi instalado em duas datas distintas, na área do cerrado realizado no dia 06 de fevereiro em covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m, previamente preparadas, para aproveitar o período de chuvas. Dentro da voçoroca, como havia excesso de umidade, o plantio foi realizado no dia 1 de maio em covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 m preparadas no momento do plantio. A adubação teve por base a análise da fertilidade do solo, sendo colocado por cova 150 g de calcário dolomítico; 50 g de Termofosfato (Yoorin); 12 g de FTE Br 12 (composição: 9% Zn; 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 3,5% Fe; 0,1% Mo) e 1(um) litro de adubo orgânico de origem animal (esterco de curral curtido) misturados ao solo retirado da cova.

Ao longo do período experimental foram necessárias algumas intervenções para facilitar o bom desenvolvimento das plantas: na área dentro da voçoroca, foram realizadas roçadas manuais no entorno das plantas de gliricidia, com a utilização de tesoura de poda, para eliminar as plantas herbáceas; na área de cerrado foram realizadas capinas com enxada, no entorno das mudas de gliricidia (coroamento), para a retirada das plantas herbáceas. Foi realizado ainda, o controle de formigas com iscas formicidas e com a utilização de garrafas PET recortadas e colocadas junto ao solo envolvendo o caule para dificultar o acesso das formigas, esta prática realizou-se no período inicial de estabelecimento das plantas.

O acompanhamento do desenvolvimento da espécie foi executado por meio de avaliações fitométricas iniciadas aos 140 dias após o plantio para o tratamento 1 (Gs V) “mudas plantadas no interior da voçoroca” e 224 dias após o plantio para o tratamento 2 (Gs C) “mudas plantadas em área de cerrado”. Foram realizadas oito medições mensais, sendo a primeira em setembro 2009. A altura da planta foi tomada a partir do colo até a gema apical, o diâmetro tomado-se por parâmetro a maior abertura de ramos, para este fim utilizou-se régua e fita métrica graduadas. O diâmetro do caule foi mensurado com um paquímetro manual e

tomado a 0,05 m do nível do solo. Utilizou-se para análise estatística o programa SISVAR, os dados foram submetidos à ANAVA (Proc. SISVAR), aplicando-se, o teste de Scott-Knott, às médias dos tratamentos. Além dos dados fitométricos as plantas foram fotografadas sistematicamente. O acompanhamento fotográfico iniciou 15 dias após o plantio, período em que as mudas estavam em fase de adaptação e pegamento.

Para a determinação da umidade, foram delimitadas três áreas dentro do canal e ao longo do corpo da voçoroca. O critério utilizado foi de acordo com a umidade aparente no solo, a área 1, a montante, início do canal e aparentemente mais seca, a área 2, mediana, apresentando umidade elevada (encharcado) e a área 3, a jusante, com umidade aparente, porém sem sinais de encharcamento.

Os pontos para coleta de solo, para avaliação da umidade, foram centralizados nestas três áreas. A coleta de solo para a determinação de umidade foi realizada semanalmente, no decorrer de um ano. Utilizou-se trado espiral para coleta a duas profundidades: 20 e 50 cm nos três pontos pré-estabelecidos. As amostras foram depositadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados.

A umidade foi determinada por método gravimétrico, através da razão entre peso da água contida na amostra e o peso da parte sólida, após completa secagem em estufa a 105°C. Além do monitoramento da umidade do solo os dados pluviométricos foram coletados através da estação meteorológica instalada na Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mais especificamente na Fazenda do Glória local do experimento.

## 6.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.2.3.1 Dados pluviométricos

Na classificação de Köppen, no município de Uberlândia, o clima é do tipo Tropical semiúmido (Cw), com temperatura média anual de 23 °C. De acordo com dados do laboratório de climatologia da UFU, a temperatura do ar em 2009 apresentou as médias máxima e mínima de 28,5 °C e 18,7 °C respectivamente. A precipitação ocorre de forma sazonal apresentando média de seis meses de seca e seis meses com chuvas. Resultados do monitoramento pluviométrico diário, na área de estudo no último ano, são apresentados na figura 55.

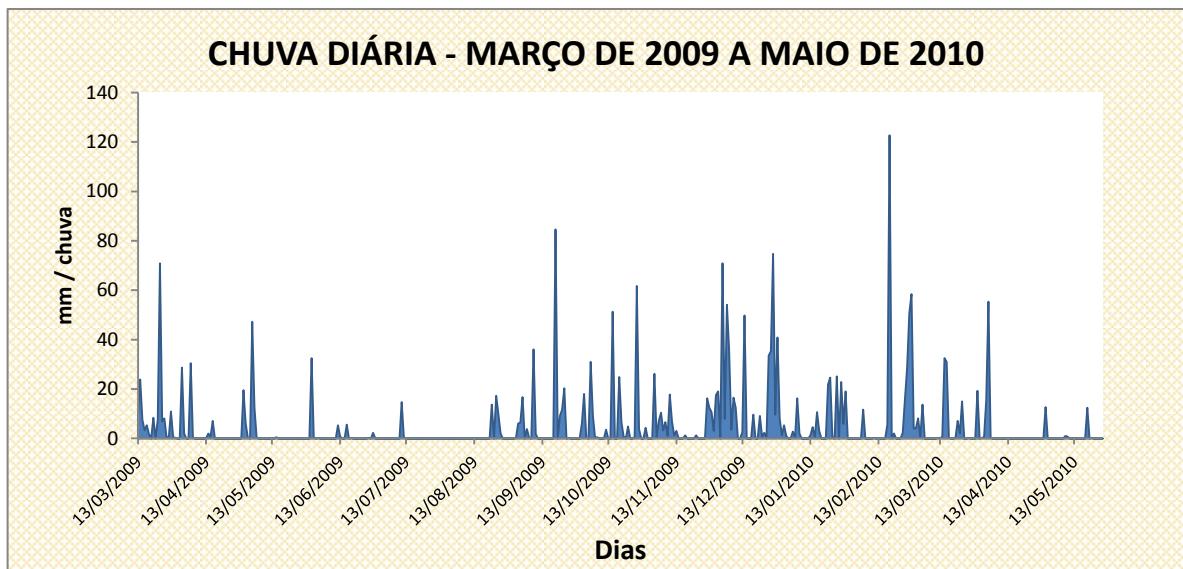


Figura 55. Gráfico diário de chuvas durante 408 dias na área da pesquisa. Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. (Org.: Biulchi, junho de 2010).

Observa-se a irregular distribuição das chuvas no período em que foi desenvolvida a pesquisa, no mês de dezembro foram registrados 515,42 mm em comparação com os meses de junho e julho que apresentaram respectivamente índices de 14,97 mm e 14,98 mm de chuva.

### 6.2.3.2 Umidade do solo dentro do canal

As variações de umidade do solo (Figuras 56, 57 e 58), dentro do canal no decorrer de um ano apresentaram índices semanais que variaram, a 20 cm de profundidade, no ponto 1 entre 27,67% dezembro/2009 e 5,7% maio/2010; ponto 2 - 4,85% agosto/2009 e 30,77% dezembro/2009; ponto 3 - 32,13% abril/2009 e 9,13% junho/2009. A 50 cm de profundidade, as variações semanais de umidade do solo foram: ponto 1 - 28,98% maio/2009 e 5,74% setembro/2009; ponto 2 - 6,44% setembro/2009 e 30,91% dezembro/2009 e ponto 3 - 8,59% agosto/2009 e 31,43% em novembro de 2009.

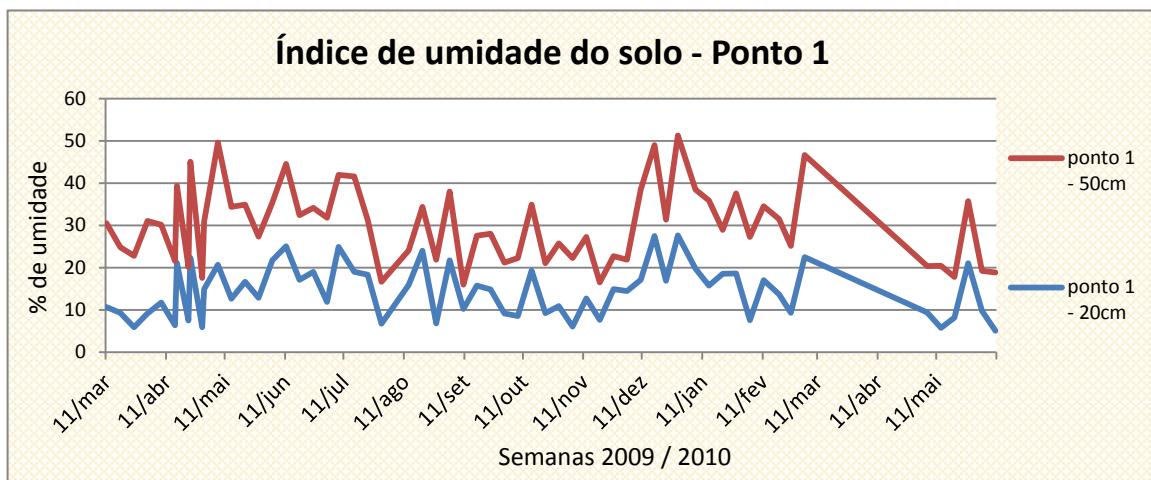


Figura 56. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “1” localizado no início do canal.

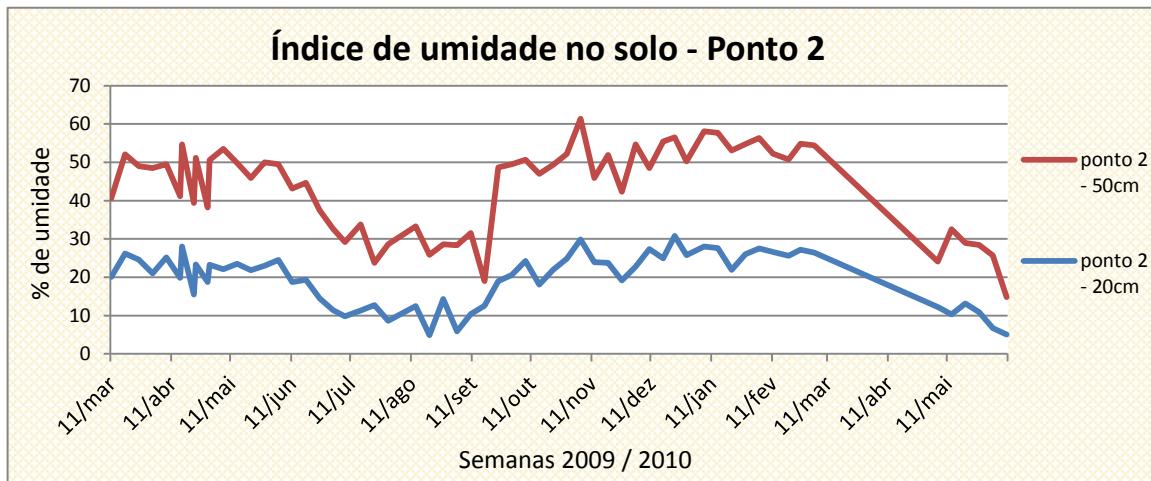


Figura 57. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “2” localizado na parte mediana do canal.

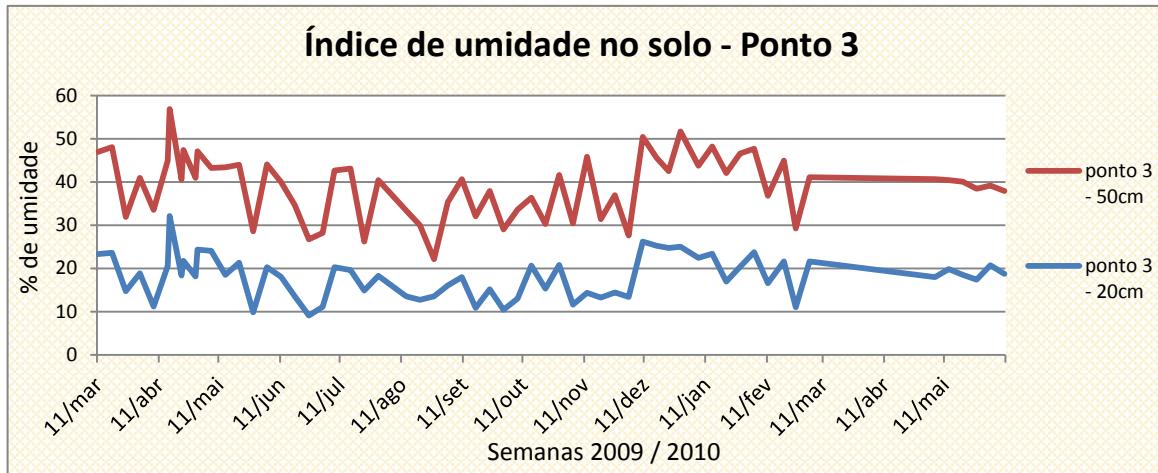


Figura 58. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “3” localizado a jusante

As variações médias mensais de umidade do solo nos pontos 1, 2 e 3 dentro do canal (Figura 65), apresentou maior média de umidade do solo a 20 cm de profundidade no ponto 2 com 26,71% no mês de fevereiro/ 2010, seguido pelo ponto 3 com 26,09% em abril/2009 e ponto 1 com 20,72 em junho/2009. A 50 cm de profundidade (Figura 60) a maior umidade média mensal do solo foi no ponto 2 com 30,42% no mês de janeiro/2010, seguida pelo ponto 3 com 24,34% no mês abril/2009 e pelo ponto 1 com 20,88% no mês de maio/2009.

As menores médias mensais a 20 cm de profundidade (Figura 59) ocorreram nos meses de novembro/2009 com 10,34% e abril/2010 com 8,11% seguida pelo ponto 2 que apresentou nos meses de julho e agosto de 2009, 10,76% e 10,74% de umidade respectivamente e no ponto 3 as menores médias ocorreram nos meses de agosto/2009 com 13,3% e novembro/2009 com 13,42%. A 50 cm de profundidade (Figura 60) apresentou as menores médias no ponto 1 com 11,21% e 11,76% nos meses de agosto e setembro de 2009 respectivamente, seguida do ponto 3 com 15,19% no mês de agosto/2009 e no ponto 2 no mês de maio/2010 com 16,87% de umidade do solo.

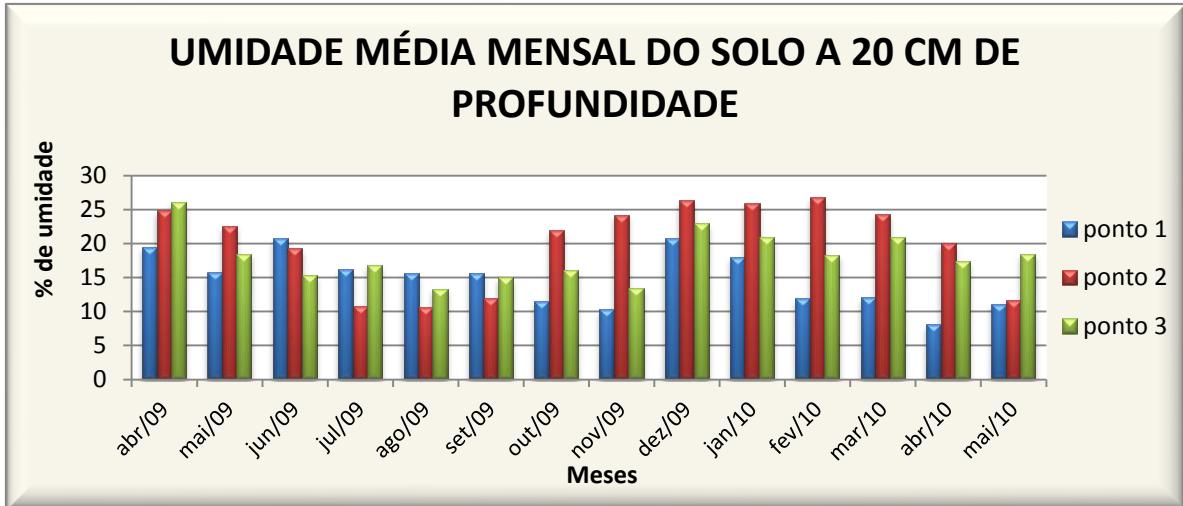


Figura 59. Gráfico de variação média mensal de umidade do solo a 20 cm de profundidade de abril de 2009 a maio de 2010 dentro da voçoroca.

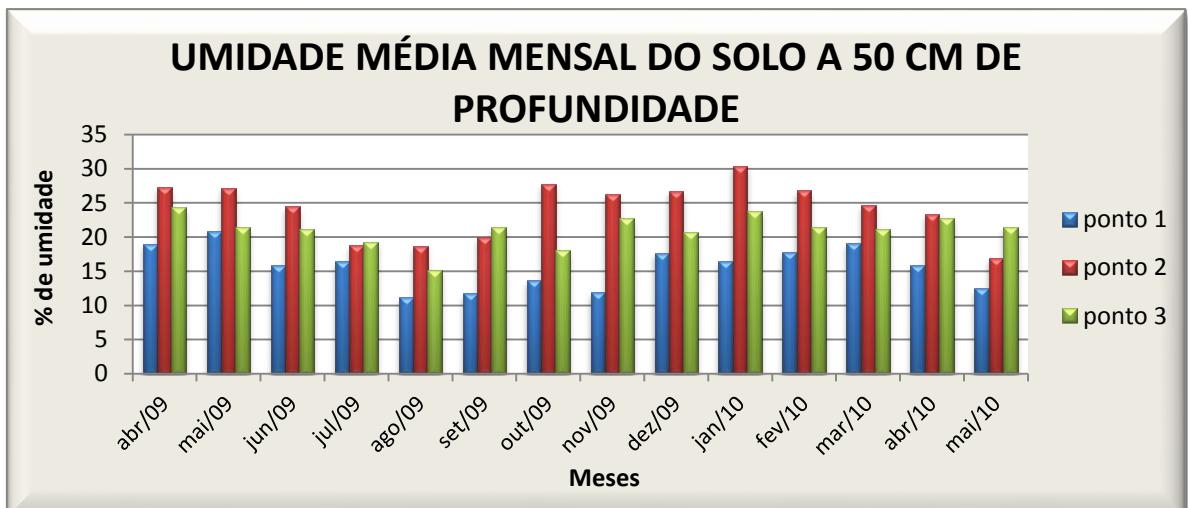


Figura 60. Gráfico de variação média mensal de umidade do solo a 50 cm de profundidade de abril de 2009 a maio de 2010 dentro da voçoroca.

#### 6.2.3.2.1 Média de umidade do solo em 12 meses de abril de 2009 a março de 2010

A média anual de umidade do solo nos pontos 1, 2 e 3 é de 15,81%, 22,95% e 19,45% respectivamente. A variação média da umidade do solo no decorrer do ano permaneceu menor no ponto 3 com média de 17% nos meses de julho, agosto e setembro, apresentando nos demais meses uma média com 19% de umidade do solo.

No ponto 1, nos meses de abril, maio, junho, julho e janeiro registrou-se a maior umidade do solo com média de 18,02% e nos demais meses a média foi de 14,2%. O ponto 2 foi o que apresentou maior valor de umidade do solo durante o ano, com média de 15,1% nos meses de julho, agosto e setembro e nos demais meses registrou uma média com 24,97% de umidade, apresentando em alguns pontos um reflexo negativo para o desenvolvimento de plantas neste ambiente.

#### **6.2.3.3 Estabelecimento e desenvolvimento da *Gliricidia sepium***

Os resultados da análise química do solo Tabela 6, nos dois tratamentos mostram que são baixos para fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), cálcio (Ca), soma de bases (SB), capacidade de trocas de cátions (CTC) e matéria orgânica (MO). Indicam acidez média para o tratamento 2 (Gs C) com toxidez por  $\text{Al}^{3+}$  baixa e acidez elevada para o tratamento 1 (Gs V) com toxidez por  $\text{Al}^{3+}$  alta. De acordo com as análises granulométricas as áreas foram classificadas como franco arenosa nos dois tratamentos.

Os resultados da análise nos tratamentos foram:

Tabela 6. Resultados da análise da fertilidade do solo utilizado. EPAMIG, Uberaba, MG.

Características	TRATAMENTO 1 (Gs V)		TRATAMENTO 2 (Gs C)	
	Dentro da voçoroca		Área de cerrado	
	Valores	Valores	Valores	Valores
pH (água)	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm
Al (cmol dm <sup>-3</sup> )	5,1	5,4	5,7	5,7
Ca (cmol dm <sup>-3</sup> )	1,5	1,2	0,1	0,1
Mg (cmol dm <sup>-3</sup> )	0,4	0,4	0,3	0,2
H+AL (cmol dm <sup>-3</sup> )	0,2	0,1	0,1	0,1
SB (cmol dm <sup>-3</sup> )	3,2	2,6	1,3	1,3
t (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,5	0,5	0,3
T (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,1	1,7	0,6	0,4
K (mg dm <sup>-3</sup> )	3,8	3,1	1,8	1,6
P (mg dm <sup>-3</sup> )	11,0	9,0	29,0	14,0
P-rem (mg L <sup>-1</sup> )	0,1	0,4	0,1	0,1
V(%)	27,3	29,8	24,1	19,9
m (%)	16,4	16,7	26,7	20,5
M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	70,5	69,6	17,4	22,9
C.Org (dag kg <sup>-1</sup> )	0,2	0,2	0,5	0,5
Ca/Mg	0,1	0,1	0,3	0,3
Mg/K	2,0	4,0	3,0	2,0
	7,11	4,34	1,35	2,79

Dentre os parâmetros selecionados para avaliar o crescimento da espécie todos foram utilizados (altura total, diâmetro da copa e diâmetro do caule a 0,05 m do nível do solo). Os resultados da primeira avaliação, realizada no mês de setembro, encontram-se na tabela 7.

Tabela 7. Crescimento das plantas de *Gliricidia sepium* nos tratamentos 1 (Gs V) e tratamento 2 (Gs C) em 17/09/2009.

Local do Plantio	Tratamentos	Unidades experimentais	Altura da planta em m	Diâmetro da copa em m	Diâmetro do caule em cm
Dentro da voçoroca	1	Gs 1-V	0,32	0,05	0,6
Dentro da voçoroca	1	Gs 2-V	0,28	0	0,6
Dentro da voçoroca	1	Gs 3-V	0,42	0,10	0,6
Área de Cerrado	2	Gs 1-C	0,34	0,39	1,3
Área de Cerrado	2	Gs 2-C	0,54	0,45	1,5
Área de Cerrado	2	Gs 3-C	0,37	0,23	1,0

Nesta primeira avaliação, observou-se que as mudas no tratamento 2 (Gs C) apresentaram desenvolvimento vegetativo lento, o que se pode ser atribuído ao período de seca (maio a agosto) em que as plantas diminuem o seu metabolismo até a chegada das chuvas, no entanto observou-se um incremento maior no desenvolvimento destas mudas com

relação ao tratamento 1 (Gs V). As diferenças maiores foram verificadas no diâmetro do caule e da copa, fato que se atribui a vantagem de 84 dias a mais no campo. No tratamento (Gs V), registrou-se ataque de formigas em todas as unidades experimentais deixando as plantas totalmente desfolhadas, apresentou ainda, infestação por pulgões em novembro. Nos meses de dezembro e janeiro, na área do tratamento (Gs V), a umidade do solo foi mais acentuada, no entanto as plantas permaneceram folhadas até o início de maio quando houve desfolha parcial.

No tratamento 2 (Gs C), no final de agosto todas as unidades apresentavam número reduzido de folhas, o que pode ser explicado pelo fato da gliricidia ser uma espécie caducifólia e apresentar queda da folhagem, período de seca (Parrota, 1992; Drumond & Carvalho Filho, 1999). Observou-se que a brotação surgiu a partir de setembro, permanecendo bem folhadas até dezembro quando iniciou a perda parcial das folhas, a partir de abril/2010 a desfolha passou a ser mais acentuada.

Embora em determinadas épocas a área de copa das plantas, no tratamento 1 (Gs V), foram afetadas pelo ataque de formigas cortadeiras, que ocasionou a sua desfolha total durante a condução do experimento, os parâmetros de altura total e diâmetro da copa não foram suprimidos, pois a rebrota propiciou a recuperação dos indivíduos oferecendo condições de avaliação. Por outro lado, os dados do crescimento do caule nada sofreram podendo ser acompanhado juntamente com os demais parâmetros.

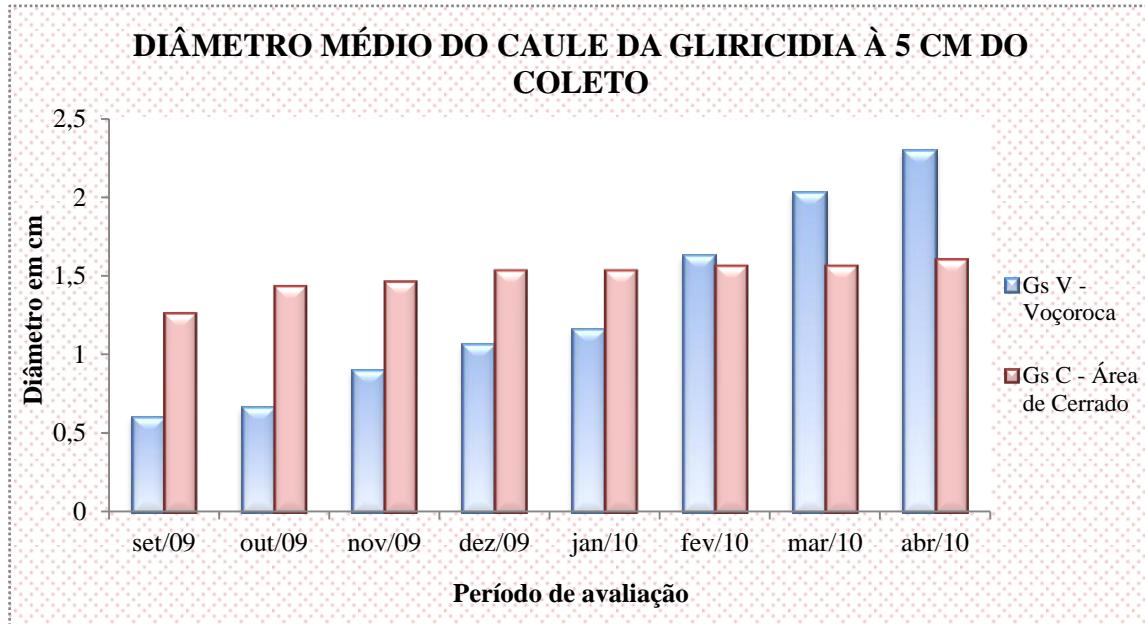


Figura 61. Gráfico de crescimento da *Gliricidia sepium* em diâmetro de caule a 5 cm do nível do solo, nos tratamentos 1Gs V (plantada dentro da voçoroca) e 2Gs C (plantada na área de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.

O crescimento do diâmetro do caule (Figura 61), a cinco cm do nível do solo, apresentou nas primeiras avaliações diferença significativa entre os dois tratamentos chegando à média semelhante ao final do estudo.

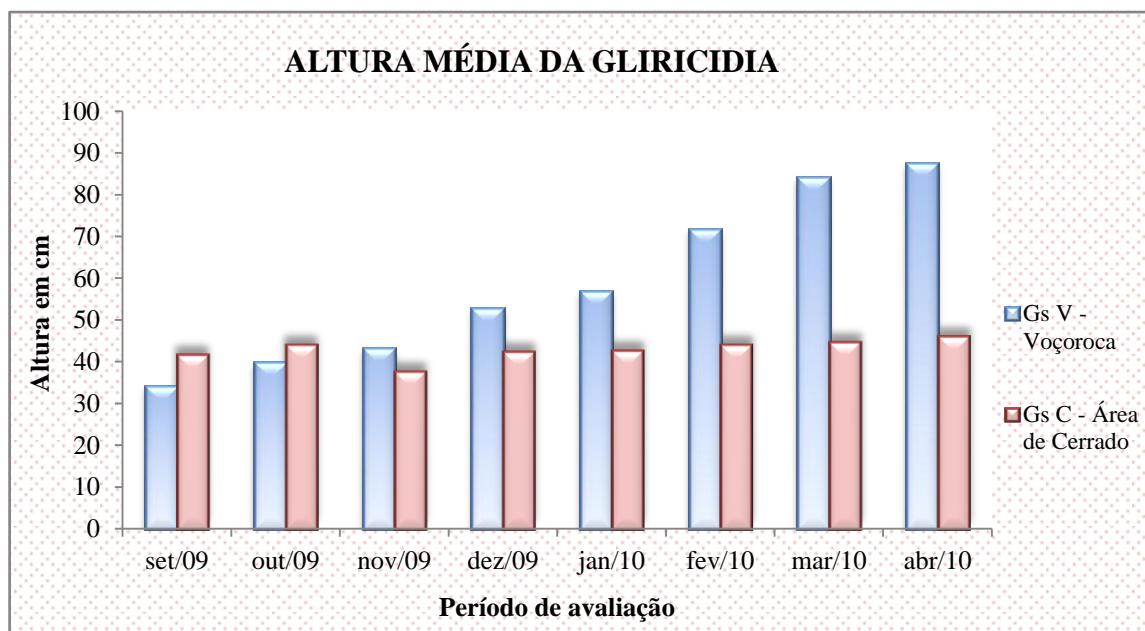


Figura 62. Gráfico de crescimento da *Gliricidia sepium* em altura nos tratamentos 1Gs V (plantada dentro da voçoroca) e 2Gs C (plantada na área de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.

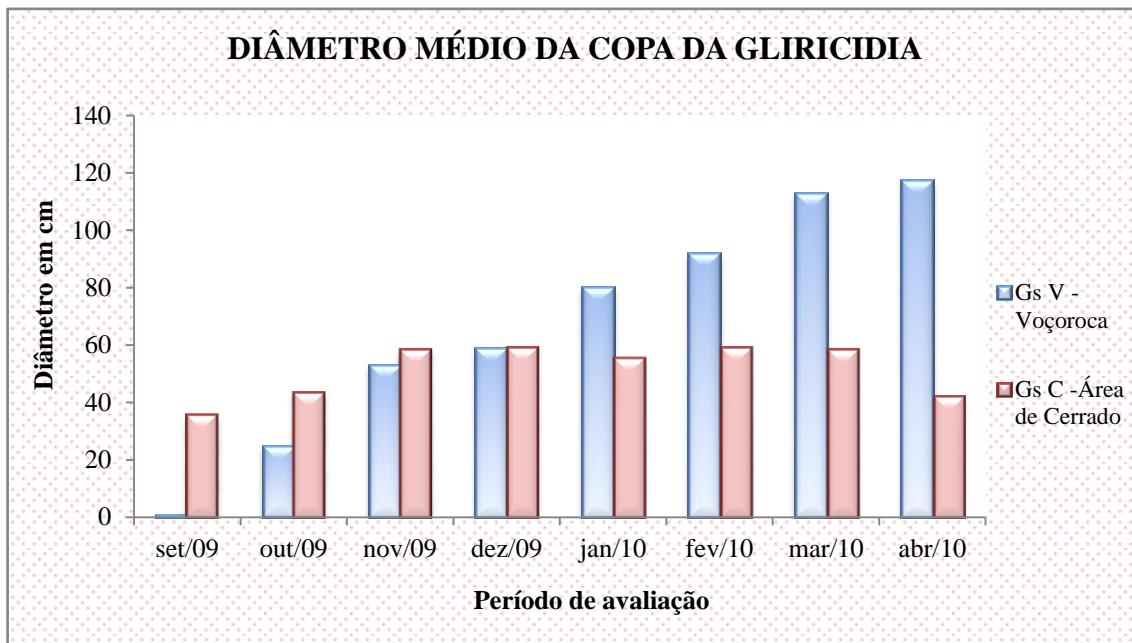


Figura 63. Gráfico de crescimento da *Gliricidia sepium* em diâmetro da copa nos tratamentos 1Gs V (plantada dentro da voçoroca) e 2Gs C (plantada na área de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.

Observa-se na figura 62, que o maior crescimento médio em altura da *G. sepium* foi obtido no tratamento 1 (Gs V), dentro da voçoroca com média de 0,87 m superando os resultados do tratamento 2 (Gs C) área de cerrado de 0,46 m. O melhor desenvolvimento da gliricidíia no tratamento 1 (Gs V) pode estar relacionada com a umidade dentro do canal, pois não houve deficiência de água para a planta durante o período avaliado e a gliricidíia no tratamento 2 (Gs C) foi submetida a um período de seca.

O crescimento do diâmetro da copa (Figura 63), nos dois tratamentos apresentou crescimento médio equivalente durante o período do estudo, no entanto pode-se observar que a partir da quarta avaliação o diâmetro médio da copa no tratamento 1(Gs V) apresentou valores superiores em relação ao tratamento 2(Gs C). A *G. sepium* no tratamento 2(Gs C) mostrou decréscimo no diâmetro da copa, fato que pode estar relacionado à disponibilidade de água em área de cerrado.

Os resultados de crescimento da *G. sepium*, observado aos 12 meses de idade, no tratamento 1 (Gs V) apresentou altura média de 0,87 m e diâmetro médio de copa com 1,17 m, superando os dados de Araújo Filho et. al., (2007) que registraram um crescimento médio

de 0,7 m de altura e 0,6 m para o diâmetro da copa aos 18 meses. O tratamento 2 (Gs C) apresentou para a *G. sepium* a altura média de 0,46 m aos 12 meses, semelhante ao valor observado por Araújo Filho et. al., (2007), entretanto, com relação ao diâmetro da copa os dados observados neste estudo se apresentam superiores.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A análise de variância não indicou diferenças significativas entre as médias de diâmetro da copa (Tabelas 8 e 11) e diâmetro do caule (Tabelas 9 e 11) a 5 cm do nível do solo nos tratamentos 1(Gs V) e 2(Gs C), contudo apresentou diferença significativa com relação ao crescimento em altura como pode ser observado nas tabelas 10 e 11.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro da copa com dois tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	3.267.000.000	3.267.000.000	**	
REPETIÇÃO	2	2.239.125.000	1.119.562.500	**	
erro	44	49.197.125.000	1.118.116.477		
Total corrigido	47	54.703.250.000			
CV (%) =	56.08				
Média geral:	59.625.000		Número de observações: 48		

\* significativo a nível de 5%, \*\* não significativo

Tabela 9. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro do caule com dois tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	0.480000	0.480000	**	
REPETIÇÃO	2	0.042917	0.021458	**	
erro	44	10.036.250	0.228097		
Total corrigido	47	10.559.167			
CV (%) =	34.22				
Média geral:	1.395.833		Número de observações: 48		

\* significativo a nível de 5%, \*\* não significativo

Tabela 10. Resumo da análise de variância para a variável altura com dois tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	2.992.520.833	2.992.520.833	*	
REPETIÇÃO	2	142.947.917	71.473.958	*	
erro	44	13.447.510.417	305.625.237		
Total corrigido	47	16.582.979.167			
CV (%) =	34.43				
Média geral:	507.708.333		Número de observações: 48		

\* significativo a nível de 5%, \*\* não significativo

Tabela 11. Avaliação das médias de altura, diâmetro da copa e diâmetro do caule com dois tratamentos.

Nome científico	Tratamento	Altura (cm)	Diâmetro da copa (cm)	Diâmetro do caule (mm)
<i>Gliricidia sepium</i>	2 GsC - cerrado	42.875000 a	51.375000 a	1.295833 a
<i>Gliricidia sepium</i>	1 GsV - voçoroca	58.666667 b	67.875000 a	1.495833 a

Médias seguidas da mesma letra não diferiram entre si estatisticamente.

Estudos com *Gliricidia sepium* comprovam a sua adaptação a regiões tropicais, subtropicais e no semiárido brasileiro (Pereira Júnior et. al., 2008; Drumond & Carvalho Filho, 1999; Costa et. al., 2004; Barreto & Fernandes, 2001; Araújo Filho et. al., 2007; Dunsdon & Hughes 1991; Parrotta, 1992), apresentando boa adaptação às condições edafoclimáticas e suportando períodos prolongados de seca de até oito meses, o que confirma os resultados deste estudo com relação ao tratamento 2(Gs C) que demonstrou a capacidade da espécie em se adaptar as condições de cerrado.

Com relação ao tratamento 1(Gs V), crescimento da espécie no interior da voçoroca, que apresenta uma variação média anual de umidade do solo com 14 % a 25 %, e onde se obteve 100% de taxa de sobrevivência. Apresentando ainda, ao final da avaliação, incremento mediano geral superior ao tratamento 2(Gs C), estes resultados não foram observados em outros estudos e na literatura, portanto a avaliação irá continuar para que se obtenha a confirmação destes dados em um espaço de tempo maior.

#### 6.2.4 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a *Gliricidia sepium* apresentou boa adaptação em área degradada que apresenta média anual de umidade do solo entre 14 % a 25 % com 12 meses de idade;

A *Gliricidia sepium* demonstrou adaptação em área de cerrado na região do Triângulo Mineiro;

Supora encharcamento por períodos curtos;

Apresenta uma grande capacidade de rebrota, independente da época do ano, em condições de umidade no solo;

O crescimento no tratamento 1(Gs V) dentro da voçoroca superou o tratamento 2(Gs C) em área do cerrado;

Mostra-se promissora para recuperação de voçorocas com índices de umidade do solo variando de 10% a 30% no decorrer do ano;

A sazonalidade da chuva não interfere no desenvolvimento da espécie no tratamento 1(Gs V), pois a área não apresentou deficiência hídrica durante o período do estudo.

## **6.3 ESTACAS DE *GLIRICIDIA SEPIUM*, PLANTADAS DIRETO NO CAMPO, EM VOÇOROCA ATIVA COM LENÇOL AFLORADO, NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG.**

### **6.3.1 INTRODUÇÃO**

A paisagem do Cerrado se apresenta cada vez mais degradada por processos erosivos, intensificados por práticas agrícolas, em função do “desenvolvimento”. Segundo Baccaro (2010), o sistema geomorfológico do Cerrado apresenta uma grande complexidade no que se refere a sua estrutura e funcionamento e através da ação antrópica vem recebendo a entrada de novos e intensos fluxos de energia e matéria. Assim, a quebra do equilíbrio natural entre o solo e o ambiente, com o tempo, atingem grandes proporções expondo as partes mais profundas do solo. A degradação do solo é um dos principais problemas ambientais que preocupam a população mundial. A erosão hídrica é a causa principal da perda e deterioração dos solos, principalmente em regiões tropicais onde os índices pluviométricos são bem mais elevados e muitas vezes concentrados. Em climas tropicais sazonais onde as chuvas se concentram em determinadas estações do ano a erosão chega às formas mais avançadas do processo erosivo, ou seja, a formação de voçorocas. A recuperação de voçoroca é um desafio, principalmente na condição de lençol aflorado.

A bioengenharia de solos é uma técnica que se refere à combinação entre plantas e elementos inertes, criando estruturas estratégicas para estabilização do solo ou recuperação de áreas degradadas (DURLO E SUTILI, 2005). Ao se empregarem práticas conservacionistas

e/ou técnicas alternativas para a contenção de ravinas e voçorocas, leva-se em consideração as especificidades regionais e locais. Estudos demonstram que o uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas tem dado bons resultados.

O uso de espécies vegetais na proteção do solo e contenção de processos erosivos, aliado a técnicas de bioengenharia se apresenta como uma alternativa para auxiliar na recuperação de áreas voçorocadas. O uso de espécies leguminosas apresentam vantagens em relação às outras espécies vegetais, devido a sua característica especial de formar simbiose com micro-organismos do solo (rizóbio), transformando o nitrogênio do ar em compostos nitrogenados assimiláveis pelos vegetais (FRANCO et al., 1992). Outra associação importante desta família botânica é com fungos micorrízicos que aumentam a sua capacidade de se estabelecer em condições de solos pobres, principalmente em Fósforo. A recuperação por meio da cobertura vegetal dará início a um processo de alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas deste solo, primeiro pela atividade rizosférica das raízes e na sequência pelo aporte de serrapilheira.

O estabelecimento de espécies vegetais em áreas degradadas, onde a camada de solo foi toda removida deixando exposto um material sedimentar sobre uma camada de material inconsolidado e de baixa fertilidade. Neste contexto, faz-se necessário um estudo da capacidade da *Gliricidia sepium*, propagada por estaca, de se estabelecer neste ambiente.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o estabelecimento de *Gliricidia sepium* propagada por estaca, plantada direto no campo e tendo como variável o solo, no interior de uma voçoroca que apresenta lençol aflorado parte do ano, buscando conhecer a sua adaptação para uso em técnica de bioengenharia com barreiras para contenção de sedimentos, estabilização do solo e na recuperação de áreas degradadas.

### 6.3.2 REFERENCIAL TEÓRICO

A estaquia é um método de propagação vegetativa, que sob condições adequadas, segmentos de uma planta, enraízam originando uma nova planta, com características idênticas a planta que lhe deu origem. A propagação vegetativa apresenta a vantagem da redução do período de juvenilidade, natural na planta propagada por sementes. De acordo com Fachinello et al., (1995) o enraizamento de estacas varia consideravelmente, podendo ser influenciado por diversos fatores externos e internos e além do seu potencial genético. A propagação da *Gliricidia sepium* por estacas tem sido amplamente utilizada (Franco, A. A., 1988; Franco et al., 1992; Barreto, A.C. & Fernandes, F.M., 2001; Matos et al., 2005; Azevedo et al., 2008; Pereira Júnior, L.R.; Gama, J.S. & Resende, I.R.A., 2008), onde as dimensões das estacas utilizadas é variável de acordo com a finalidade do plantio. Azevedo et al., (2008) ao avaliarem o desempenho de estacas de *Gliricidia sepium* em áreas degradadas de pastagem, concluíram que as dimensões iniciais das estacas não influenciaram no estabelecimento das mudas. O uso de leguminosas na recuperação de áreas degradadas tem dado bons resultados, devido a sua capacidade em se associar com micro-organismos do solo. A recuperação por meio da cobertura vegetal dará início a um processo de alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas deste solo, primeiro pela atividade rizosférica das raízes e na sequência pelos aportes de serrapilheira.

#### **Gliricidia - Descrição e Características da espécie**

*Gliricidia sepium* (Jacq.) - família Leguminosae e subfamília Fabaceae (Papilionoideae).

Nativa do México e América Central, encontrada em regiões localizadas desde o nível do mar até 1500 m de altitude, com precipitação de 600 a 3500 mm ao ano, suportando até oito meses de seca (DUNSDON et al., 1991; PARROTTA, 1992). Planta perene, caducifólia, porte arbóreo com 12 a 15 m de altura e diâmetro do caule com até 0,30 m, crescimento rápido, fácil reprodução (sexuada e assexuadaamente) e excelente capacidade de rebrota. Suas raízes entram em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, originando um grande número de nódulos, responsáveis pela fixação de nitrogênio (Franco, 1988; Franco et al., 2003) e associam-se com fungos micorrízicos que aumentam a sua capacidade de se estabelecerem em condições de solos pobres.

### **6.3.3 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado entre abril de 2009 e abril de 2010, com o monitoramento do lençol freático no interior do canal e a implantação de leguminosas arbóreas objetivando avaliar o seu desenvolvimento no interior da voçoroca que apresenta lençol aflorado em determinado período do ano. A quantificação da umidade é de fundamental importância quando se quer estabelecer espécies vegetais para a recuperação de área degradada, pois a mesma pode limitar o desenvolvimento vegetativo.

O experimento consiste no uso de estacas de *Gliricidia sepium* plantadas direto no campo (Figura 64), tendo como variável o solo, utilizando o mesmo padrão de plantio e adubação com o objetivo de avaliar a o comportamento da planta dentro da voçoroca com relação ao substrato utilizado. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 4 repetições.

As estacas para a propagação foram retiradas de uma única planta, existente no IFTM Campus Uberaba, e apresentavam as mesmas dimensões de comprimento com 30 cm e com diâmetro variando de 2,8 a 3,1 cm.



Figura 64. Estacas de *Gliricidia sepium* plantadas direto no campo. A figura A mostra uma estaca de *Gliricidia sepium* 16 dias após o plantio dentro da voçoroca. A figura B uma muda formada por estaca, com 102 dias, mostrando o desenvolvimento do seu sistema radicular.

As análises físico-químicas do solo foram realizadas nos dois substratos selecionadas para o estudo. O preparo do solo para plantio das estacas consistiu no coveamento manual, realizado no momento do plantio e a dimensão das covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 m. O plantio foi realizado no dia 1 de maio colocando-se a estaca no centro da cova e posterior preenchimento com substrato. Os tratos culturais ao longo do período experimental consistiram em roçadas manuais no entorno da muda. O controle de formigas foi realizado com o uso de iscas formicidas e com proteção das mudas utilizando garrafas PET para dificultar o acesso das formigas.

O acompanhamento no campo foi executado através de registros fotográficos e por meio de avaliações fitométricas mensais, iniciadas aos 140 dias após o plantio, foram realizadas oito medições, sendo a primeira em setembro 2009. Os parâmetros principais foram: capacidade de pegamento, altura total da planta tomada a partir do colo até a gema

apical, diâmetro da copa tomando-se por parâmetro a maior abertura de ramos, ramificação e resistência das plantas à umidade.

Para a determinação da umidade, foram delimitadas três áreas dentro do canal e ao longo do corpo da voçoroca, no qual o critério utilizado foi de acordo com a umidade aparente no solo. A coleta de solo para a determinação de umidade foi realizada semanalmente, no decorrer de um ano, com trado espiral, a duas profundidades: 20 e 50 cm. As amostras foram depositadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados. A umidade foi determinada por método gravimétrico, através da razão entre peso da água contida na amostra e o peso da parte sólida, após completa secagem em estufa a 110°C. Além do monitoramento da umidade do solo, os dados pluviométricos foram coletados através da estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mais especificamente na Fazenda do Glória, local do experimento.

### **6.3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **6.3.4.1 Dados pluviométricos**

Na classificação de Köppen, no município de Uberlândia, o clima é do tipo Tropical semiúmido (Cw), com temperatura média anual de 23°C. A precipitação ocorre de forma sazonal apresentando uma média de seis meses de seca e seis meses com chuvas. Os resultados do monitoramento pluviométrico mensal na área de estudo no último ano são apresentados na figura 65.



Figura65. Gráfico mensal de chuvas de abril de 2009 a maio de 2010 na área da pesquisa. Dados do Instituto de Ciências Agrárias da UFU. (Org.: Biulchi - junho de 2010).

Observa-se a má distribuição das chuvas no período em que foi desenvolvida a pesquisa, no mês de dezembro foram registrados 515,42 mm em comparação com os meses de junho e julho que apresentaram respectivamente índices de 14,97 mm e 14,98 mm de chuva.

#### 6.3.4.2 Umidade no solo dentro do canal

A umidade do solo dentro do canal apresentou variações no decorrer de um ano com índices semanais que variaram entre 4,85% a mínima, em agosto, e a máxima com 32% em dezembro. A média anual nos pontos 1, 2 e 3 é de 15,81%, 22,95% e 19,45% respectivamente. O ponto 3 apresentou a menor variação média de umidade no decorrer do ano, com 17% nos meses de julho, agosto e setembro, e nos demais meses 19%. Os resultados do monitoramento da umidade, na área de estudo, a 20 e 50 cm de profundidade são apresentados nas figuras 66 e 67.

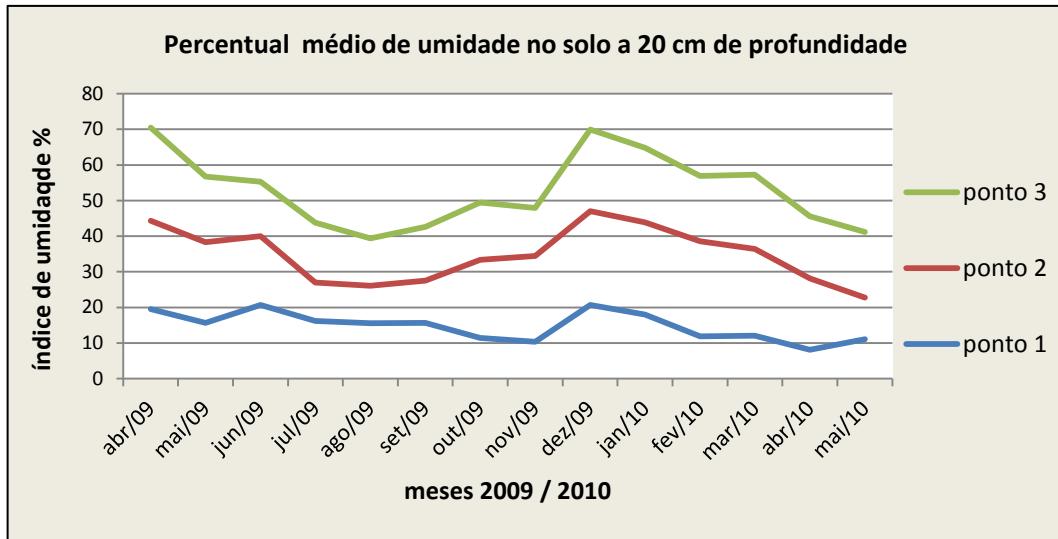


Figura 66. Gráfico de variação mensal da umidade no solo, a 20 cm de profundidade, de março de 2009 a maio de 2010 nos pontos: “1” - início do canal; “2” - parte mediana e “3” - a jusante.

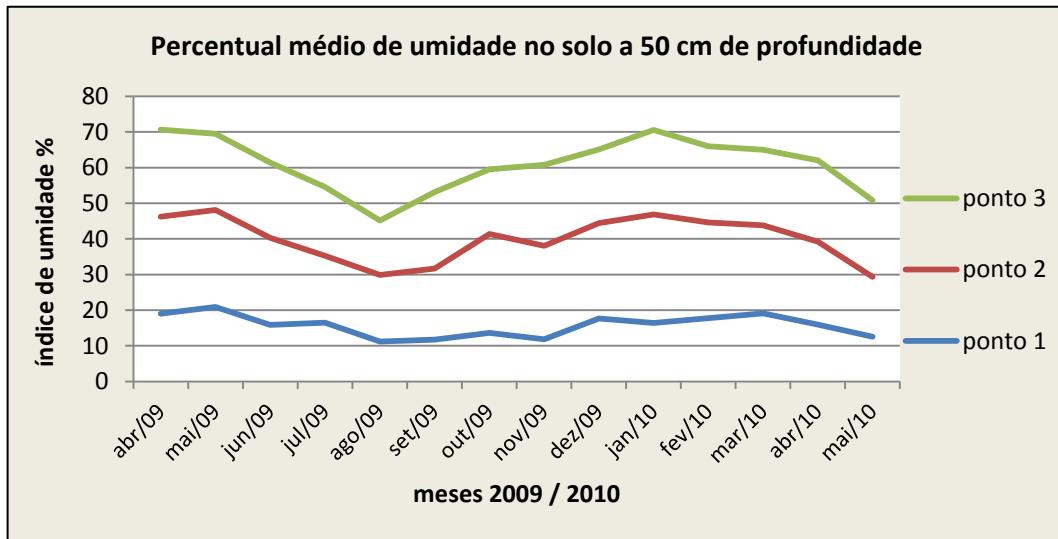


Figura 67. Gráfico de variação mensal da umidade no solo, a 50 cm de profundidade, de março de 2009 a maio de 2010 nos pontos: “1” - início do canal; “2” - parte mediana e “3” - a jusante.

#### 6.3.4.3 Substrato de plantio

a) **Substrato I** – Como substrato externo, introduzido na cova de plantio, foi utilizado um solo franco arenoso, coletado na camada de 0 a 20 cm de uma área de cerrado com vegetação

natural, sem intervenção antrópica, solo este que, após seco, foi enviado para análise, a fim de se obter a caracterização química do mesmo, conforme descrição na tabela 12.

Tabela 12. Caracterização físico-química do solo de Cerrado

P resina	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
mg/dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>					mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				%
2	16	4,1	6	0,5	1	1	34	3	37	7

Para a correção deste solo, aplicou-se calcário dolomítico com PRNT de 90% (1,2732g por d<sup>3</sup> de solo), com intuito de elevar o V% a 70. Após devidamente misturados, solo e calcário, promoveu-se o umedecimento dos mesmos usando-se (150 g de água por d<sup>3</sup> de solo) e deixando-se em processo de incubação por sete dias, sendo distribuído sobre lonas para secagem a seguir. Uma vez seco, o solo foi destorrado.

**b) Substrato II** – material original do local de plantio (área da voçoroca).

Para as análises físico-químicas do solo, na área interna da voçoroca, foram coletadas amostras de 0 a 20 e de 21 a 40 cm de profundidade, em três pontos, homogeneizadas e enviadas para análise, a fim de se obter a caracterização química do mesmo, conforme descritas na tabela 13.

Tabela 13. Caracterização físico-química do solo no interior da voçoroca

Profundidade	P	MO	pH água	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
cm	mg/dm <sup>3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>				mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					%
0 a 20	0,1	0,2	5,2	1,3	6	0,4	0,2	2,6	1	2	22
21 a 40	0,4	0,3	4,9	1,3	9	0,4	0,1	3,2	1	1,8	14

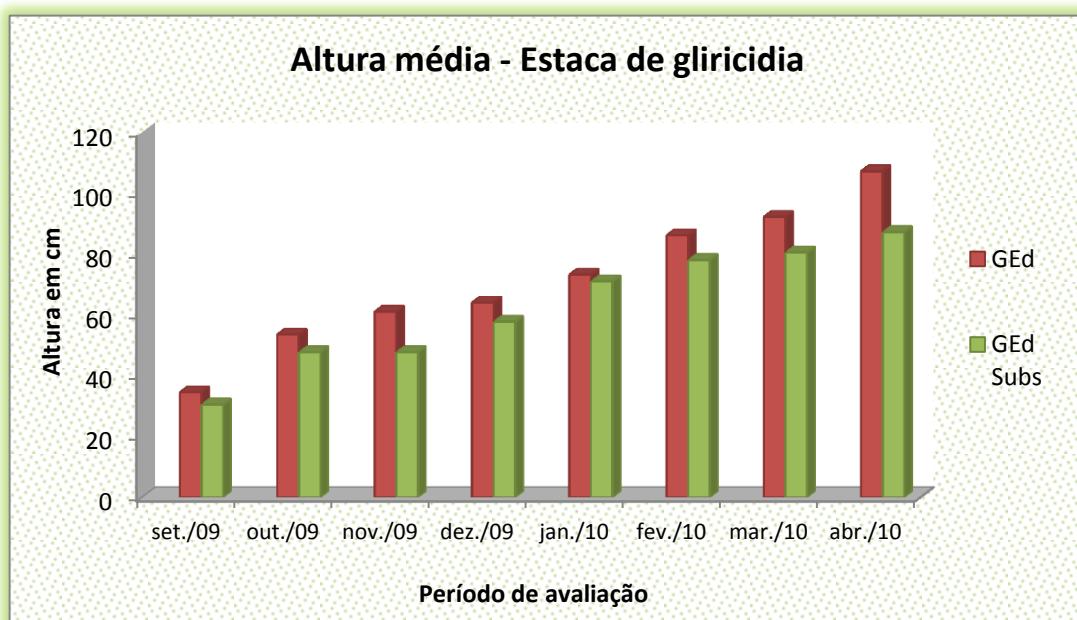
Neste solo, aplicou-se 150 g de calcário dolomítico com PRNT de 90% na cova no ato do plantio.

#### 6.3.4.4 Adubação

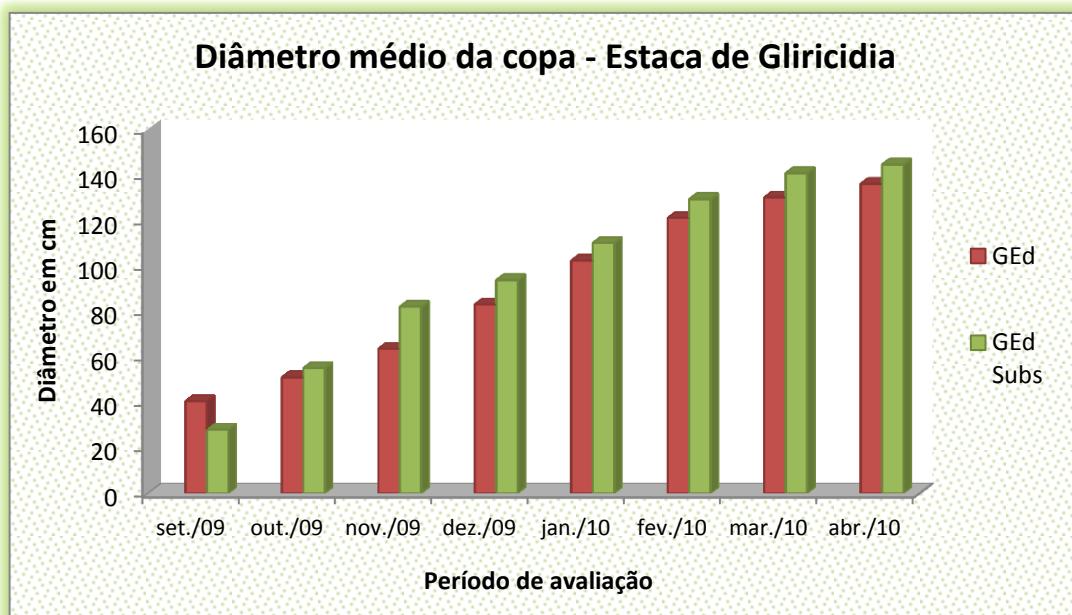
Optou-se por uma adubação padronizada nos dois tratamentos, assim foram incorporados 50 g de Termofosfato (Yoorin); 12 g de FTE Br 12 (composição: 9% Zn; 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 3,5% Fe; 0,1% Mo) e 1(lum) litro de esterco de curral curtido: para cada 0,027 m<sup>3</sup> do substrato I correspondendo ao volume de substrato necessário para completar a cova do tratamento GED Subs e no tratamento GED - substrato II, a adubação foi feita diretamente na cova no ato do plantio.

#### 6.3.4.5 Estabelecimento e desenvolvimento da *Gliricidia sepium*

Dentre os parâmetros selecionados para avaliar o crescimento da espécie todos foram utilizados. Os resultados do crescimento médio da *G. sepium* no primeiro ano no campo encontram-se nas figuras 68 e 69.



Figuras 68. Gráfico de crescimento da *Gliricidia sepium* em altura nos tratamentos GED (estaca com substrato local) e GED Subs (estaca com substrato de solo de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.



Figuras 69. Gráfico de crescimento da *Gliricidia sepium* em diâmetro da copa nos tratamentos GED (estaca com substrato local) e GED Subs (estaca com substrato de solo de cerrado) no período de setembro/2009 a abril/2010.

Observou-se que o crescimento médio, em altura, diâmetro da copa e ramificação, da *G. sepium* plantada por estacas, direto no campo, nos dois tratamentos apresentou um incremento muito semelhante durante todo o período da pesquisa.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A análise de variância não indicou diferenças significativas entre as médias de altura e diâmetro da copa nos tratamentos GED e GED Subs como podem ser observados nas tabelas 14, 15 e 16.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para a variável altura com dois tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	0.127360	0.127360	**	
REPETIÇÃO	3	0.919729	0.306576	**	
erro	59	3.852.632	0.065299		
Total corrigido	63	4.899.721			
CV (%) =	38.13				
Média geral:	0.6702344		Número de observações: 64		

\* significativo a nível de 5%, \*\* não significativo

Tabela 15. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro da copa com dois tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	0.020664	0.020664	**	
REPETIÇÃO	3	1.209.003	0.403001	**	
erro	59	10.280.383	0.174244		
Total corrigido	63				
CV (%) =		44.88			
Média geral:		0.9300000		Número de observações: 64	

\* significativo a nível de 5%, \*\* não significativo

Tabela 16. Avaliação das médias de altura e diâmetro da copa e com dois tratamentos.

Nome científico	Tratamento	Altura (m)	Diâmetro da copa (m)
<i>Gliricidia sepium</i>	GED Subs	0.625625 a1	0.947969 a1
<i>Gliricidia sepium</i>	GED	0.714844 a1	0.912031 a1

Médias seguidas da mesma letra não diferiram entre si estatisticamente.

Estudos com *Gliricidia sepium* comprovam a sua adaptação a regiões tropicais, subtropicais e no semiárido brasileiro (Pereira Júnior et. al., 2008; Drumond & Carvalho Filho, 1999; Costa et. al., 2004; Barreto & Fernandes, 2001; Araújo Filho et. al., 2007; Dunsdon & Hughes 1991; Parrotta, 1992), apresentando boa adaptação às condições edafoclimáticas e suportando períodos prolongados de seca de até oito meses. Com relação aos tratamentos “GED e GED Subs”, estabelecimento da espécie, por estaca direta no campo, no interior de uma voçoroca, que apresenta uma variação média anual de umidade do solo com 14% a 25% e, onde se obteve 90% de taxa de sobrevivência, estes resultados não foram observados em outros estudos e na literatura.

A *Gliricidia sepium*, plantada diretamente no campo a partir de estacas (Figura 70), independente do substrato utilizado, apresentou uma alta taxa de sobrevivência no presente estudo. Aos 16 meses após o plantio as plantas produzidas vegetativamente iniciaram o seu período produtivo com a indução da floração e produção de frutos.

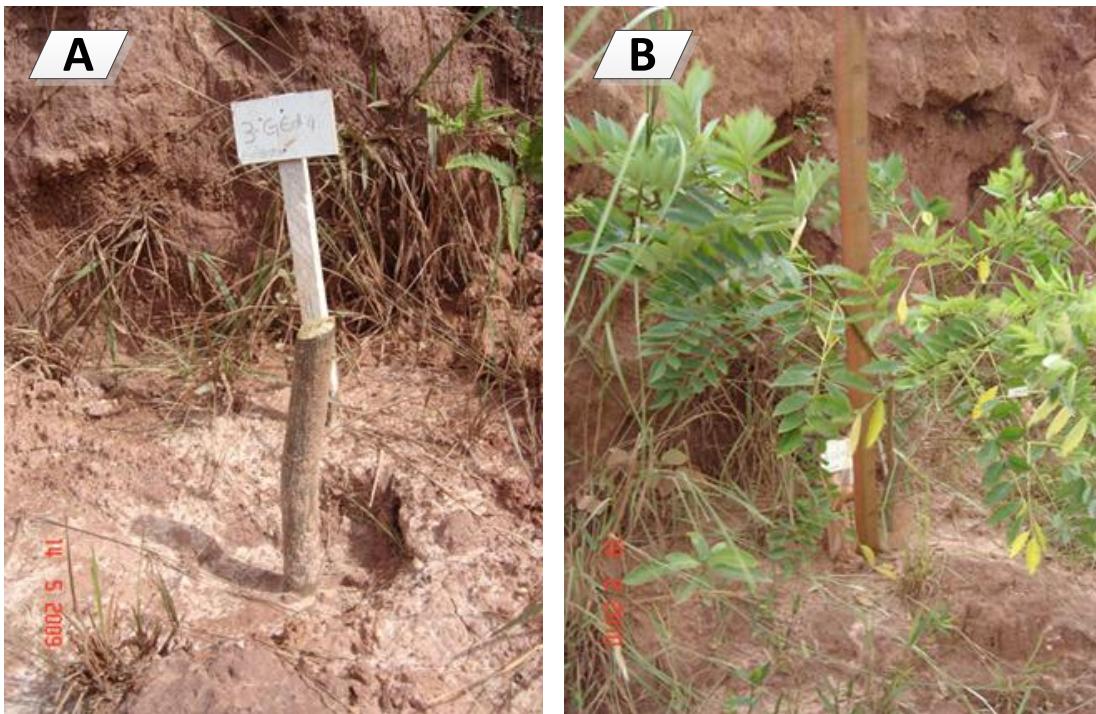


Figura 70. Visão do estabelecimento da muda de *Gliricidia sepium* produzida por estaca direto no campo no interior da voçoroca. A em 14 /maio/2009 e B em 19/mar./2010.

Na figura 71 A é possível observar a florada da *G. sepium* e na sequência, figura 77 B e C, o aporte de serapilheira composto de estruturas reprodutivas. Costa et al., (2004) registraram  $3,3 \text{ t/ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de produção individual de serapilheira para a *G. sepium* e destacam que 14% do total de resíduos da parte aérea é composto por estruturas reprodutivas. Estes dados demonstram a rápida resposta das mudas produzidas de forma vegetativa, que mantém a capacidade de floração pré-existente na planta mãe e reduzem o período de juvenilidade. Este método de propagação permite a obtenção de plantas adultas em curto espaço de tempo, para a utilização em recuperação de áreas degradadas.

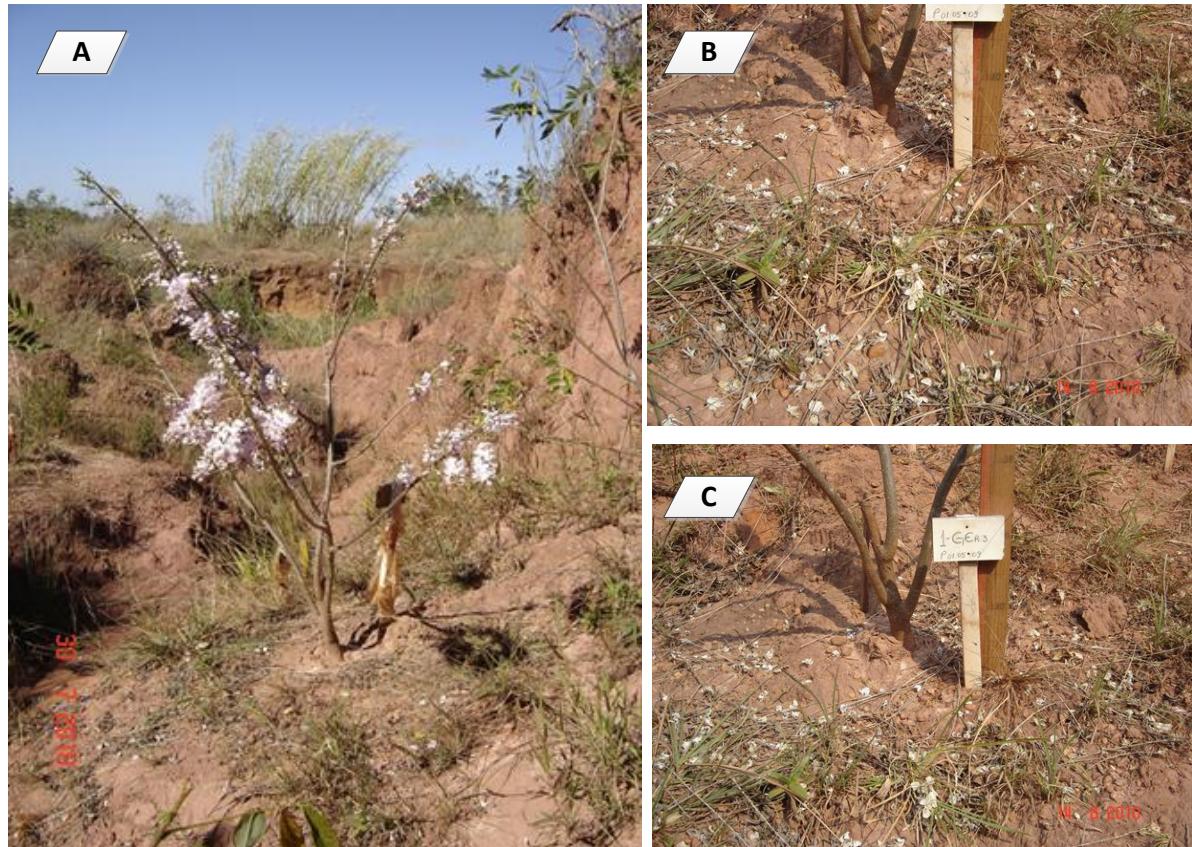


Figura 71. Aporte de serrapilheira da *Gliricidia sepium*. A figura A mostra a *Gliricidia sepium*, produzida por estaca, aos 16 meses após o plantio. Nas figuras B e C o aporte de sistemas reprodutivos da G. sepium dentro da voçoroca.

### 6.3.5 CONCLUSÕES

A *Gliricidia sepium*, na sua fase inicial de desenvolvimento, não apresentou diferença significativa no seu estabelecimento com relação ao substrato utilizado;

Apresentou boa capacidade de estabelecimento, em solo degradado dentro do canal, com a utilização de estaca plantada direto no campo;

Apresentou boa adaptação em área degradada que apresenta média anual de umidade do solo entre 14% a 25% com 12 meses de idade;

Suportou encharcamento por períodos curtos;

A espécie utilizada neste estudo produzida a partir de estacas mostra-se promissora para recuperação de voçorocas que apresentam índices de umidade do solo variando de 10% a 30% no decorrer do ano;

## **6.4 ESTABELECIMENTO DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS (*CYTHAREXYLLUM MYRIANTHUM*, *ERYTHRINA MULUNGU*, *CRÓTON FLORIBUNDUS* E *INGA URUGUENSIS*) E UMA ESPÉCIE ARBÓREA EXÓTICA (*GLIRICIDIA SEPIUM*) DENTRO DE VOÇOROCA ATIVA QUE APRESENTA LENÇOL AFLORADO EM DETERMINADAS ÉPOCAS DO ANO.**

### **6.4.1 INTRODUÇÃO**

Uma das práticas recomendadas quando se pretende a recuperação de áreas degradadas é a utilização de espécies vegetais. A cobertura vegetal é considerada essencial quando se trata de estabilização de voçorocas (BAHIA et al., 1992; TROEH e THOMPSON, 2003; ANDRADE et al., 2005; GOULART et al., 2006; MACHADO, 2006; MACHADO et al., 2006; SALES et al., 2006; CAPECHE et al., 2008; SALOMÃO, 2010;) sendo necessário, além do plantio, uma seleção adequada destas espécies, pois o seu estabelecimento e desenvolvimento dependem da disponibilidade de nutrientes e de umidade do solo que muitas vezes se encontram em níveis inadequados em áreas erodidas.

Para Goulart et al., (2006) “o ambiente físico é tão importante quanto as espécies, devendo-se considerar, para a instalação de plantios, a interação entre ambos”. O desenvolvimento das espécies vegetais é influenciado pelas características do sítio e para que se possam estudar espécies potenciais para revegetação de áreas voçorocadas é necessário que os experimentos envolvam estes ambientes. O substrato remanescente de áreas degradadas

pela erosão, além de estarem desprovidos de atributos físicos e químicos, que permitam a colonização vegetal espontânea, continuam suscetíveis à ação dos processos erosivos.

Os objetivos deste estudo (ensaio 4) foram: a) avaliar o estabelecimento e desenvolvimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas, plantadas no interior de uma voçoroca ativa, utilizando recomendações padrão de plantio e adubação; b) avaliar o estabelecimento destas mudas, fazendo a comparação com a exótica *Gliricidia sepium*; c) indicar entre as espécies avaliadas as que apresentarem potencialidade para utilização em áreas degradadas por voçorocamento, tomando-se por base a taxa de sobrevivência e o desenvolvimento inicial destas plantas nas condições ambientais da voçoroca.

A implantação de espécies vegetais contribui para o controle dos processos erosivos, no entanto é importante que se verifique a capacidade de estabelecimento destas plantas em locais de condições adversas, onde se apresenta lençol aflorado em parte do ano. A saturação hídrica passa a ter um caráter seletivo devido ao estresse imposto à vegetação. Com o excesso de água (alagamento) os espaços de ar do solo e as trocas gasosas com a atmosfera ficam comprometidos e segundo Lobo e Joly (2001), e em poucas horas as raízes e os microrganismos consomem todo o oxigênio presente na água, criando um ambiente hipóxico ou anóxico.

A água em excesso no solo pode produzir uma série de efeitos anatômicos e morfológicos nas plantas. Krizek (1982), citado por Silva e Parfitt (2004), destaca que esses efeitos podem incluir:

“a redução da elongação, clorose, senescência, abscisão das folhas mais baixas, murchamento, hipertrofias, formação de raízes adventícias na porção mais baixa do colmo, formação de lenticela e de aerênum, enrolamento de folhas e declínio da taxa de crescimento relativo”.

Os autores citam ainda os efeitos com relação ao sistema radicular que também é afetado pelo encharcamento do solo, ou seja, pode ocorrer a inibição na formação de raízes secundárias e sob inundação prolongada, as raízes enegrecem, podendo morrer. No entanto a

extensão dos danos por excesso de umidade no solo depende de uma série de fatores como a duração do período de inundação, a espécie que está sendo utilizada, as condições ambientais e o estádio de desenvolvimento da planta, entre outras.

Kageyama e Gandara (2001) destacam que em áreas degradadas a escolha das espécies requer critério e rigor na experimentação, pois nem sempre as condições de origem da espécie determinam resposta favorável nestas áreas.

#### **6.4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada entre fevereiro de 2009 e abril de 2010, com o monitoramento do lençol freático no interior do canal e a implantação de quatro espécies nativas: Pombeiro (*Cytharexylum myrianthum*), Mulungu (*Erythrina mulungu*), Capixingui (*Croton floribundus*) e Ingá (*Ingá uruguensis*) e uma espécie exótica: Gliricidia (*Gliricidia sepium*).

O experimento consiste no plantio de mudas produzidas a partir de sementes, tendo como variável as espécies escolhidas, utilizando recomendações padrão de plantio e adubação com o objetivo de avaliar a mudança de comportamento das plantas dentro da voçoroca.

O delineamento do experimento foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. As espécies arbóreas foram distribuídas de forma aleatória na área delimitada no interior do canal.

As mudas de *Gliricidia sepium* utilizadas no experimento foram produzidas no Instituto Federal do Triângulo – Campus Uberaba em tubetes com capacidade de 280 cm<sup>3</sup> de substrato, inoculadas e micorrizadas. As mudas de *Cytharexylum myrianthum*, *Erythrina mulungu*, *Croton floribundus* e *Ingá uruguensis* utilizadas no experimento foram produzidas no Instituto Estadual de Florestas (IEF) de Uberaba e doadas para a pesquisa.

As análises físico-químicas (textura, propriedades químicas e teores de matéria orgânica) do solo foram realizadas em três pontos dentro do canal e as amostras de solo foram coletadas a 20 e 40 cm de profundidade com o auxílio do trado holandês.

O plantio foi realizado no dia primeiro de maio, quando houve uma diminuição da umidade dentro do canal. O preparo de solo consistiu no coveamento manual, as covas foram preparadas no momento do plantio e apresentaram 0,30 x 0,30 x 0,30 m. A adubação teve por base a análise da fertilidade do solo, sendo colocado por cova 150 g de calcário dolomítico; 50 g de Termofosfato (Yoorin); 12 g de FTE Br 12 (composição: 9% Zn; 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 3,5% Fe; 0,1% Mo) e 1(um) litro de adubo orgânico de origem animal (esterco de curral curtido) misturados ao solo retirado da cova.

Os cuidados tomados no ato do plantio com relação as mudas foram: a) O recipiente que envolvia a muda foi totalmente retirado sem destruir o torrão; b) As mudas foram colocadas na cova preparada sobre uma porção de solo fertilizado, centralizadas e o torrão foi recoberto com o restante da mistura, foi levemente compactada tomando-se o cuidado de deixar o colo da planta ao nível do solo sem deixar raízes expostas.

Após o plantio foram colocadas estacas coloridas para a identificação das mudas nativas que posteriormente foram substituídas por placas identificadas (Figuras 72 e 73), as mudas de gliricidia foram identificadas diretamente com as placas (Figura 74).



Figura 72. Mudas de Ingá e Mulungu plantadas dentro da voçoroca. As figuras A e B mostram o Ingá em 11/06/09 aos 41 dias após o plantio e em 03/09/09 aos 125 dias após o plantio. As figuras C e D mostram o Mulungu em 11/06/09 aos 41 dias após o plantio e em 03/09/09 aos 125 dias após o plantio. (Org.: Biulchi, 2012).

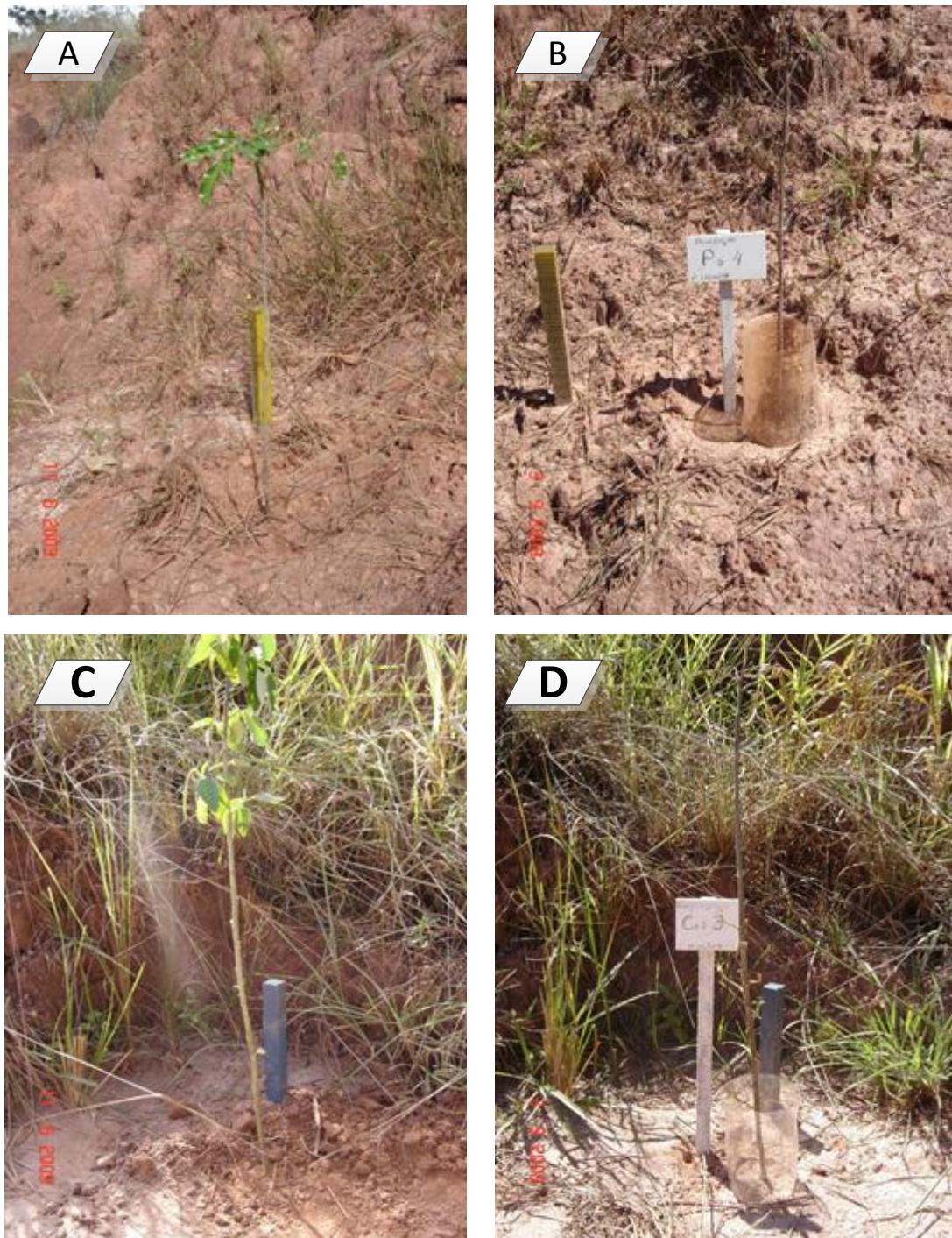


Figura 73. Mudas de Pombeiro e Capixingui plantadas dentro da voçoroca. As figuras A e B mostram o Pombeiro em 11/06/09 aos 41 dias após o plantio e em 03/09/09 aos 125 dias após o plantio. As figuras C e D mostram o Capixingui em 11/06/09 aos 41 dias após o plantio e em 03/09/09 aos 125 dias após o plantio.

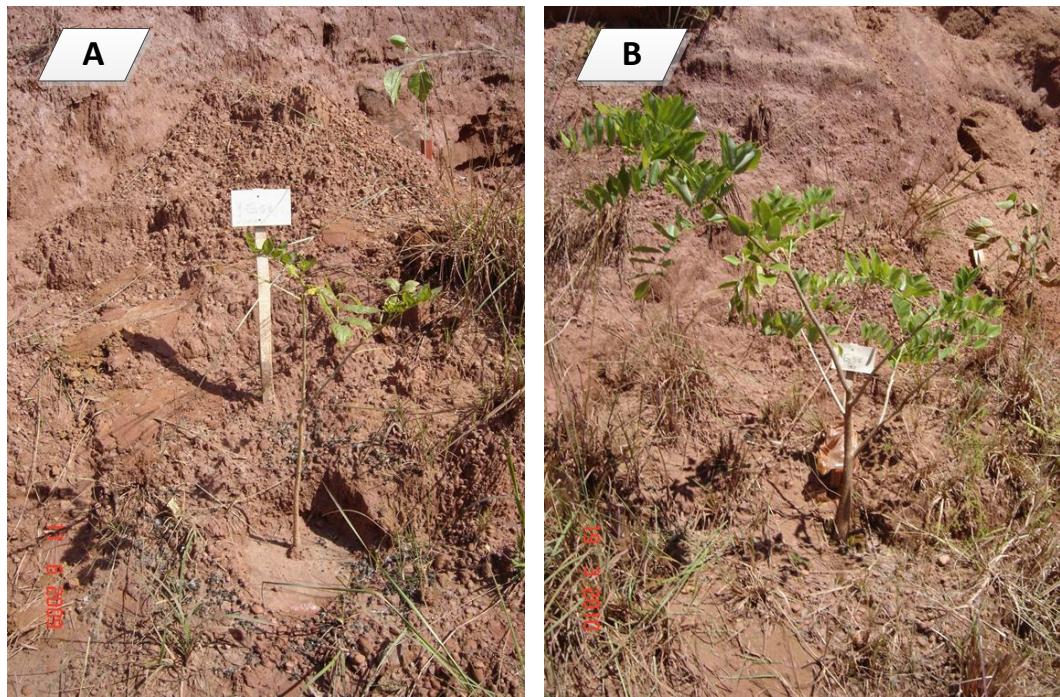


Figura 74. Mudas de *Gliricidia* plantadas dentro da voçoroca. A figura A mostra a gliricidia em 11/06/09 aos 41 dias após o plantio e a Figura B em 03/09/09 aos 125 dias após o plantio.

Os tratos culturais ao longo do período experimental, dentro da voçoroca, consistiram e roçadas manuais, com a utilização de tesoura de poda, nas plantas invasoras que se desenvolveram próximas as mudas. O controle de formigas foi realizado nas áreas externas, no entorno da voçoroca com o uso de iscas formicidas. No interior da voçoroca devido à umidade elevada foram utilizadas proteções junto ao solo com a utilização de garrafas “peti” recortadas e colocadas junto ao solo envolvendo o caule para dificultar o acesso das formigas, esta prática realizou-se no período inicial de estabelecimento das plantas.

O acompanhamento do desenvolvimento das espécies foi executado por meio de avaliações fitométricas iniciadas aos 140 dias após o plantio. Foram realizadas oito medições mensais, sendo a primeira em setembro 2009. A altura da planta foi tomada a partir do colo até a gema apical, o diâmetro da copa, tomando-se por parâmetro a maior abertura de ramos, para este fim utilizou-se régua e fita métrica graduadas (Figura 75, A e C). O diâmetro do caule foi mensurado com um paquímetro manual e tomado a 0,05 m do nível do solo (Figura 75 B).



Figura 75. Figura esquemática das avaliações fitométricas. A figura A mostra como foram tomadas as medidas da altura total das plantas, a figura B o diâmetro do caule e a figura C o diâmetro da copa.

Utilizou-se para análise estatística o programa SISVAR, os dados foram submetidos à ANAVA (Proc. SISVAR), aplicando-se, o teste de Scott-Knott, às médias dos tratamentos. Além dos dados fitométricos as plantas foram fotografadas sistematicamente. O acompanhamento fotográfico iniciou 15 dias após o plantio, período em que as mudas estavam em fase de adaptação e pegamento.

#### **6.4.2.1 A escolha das espécies**

Para este estudo foram selecionadas quatro espécies nativas com base nas suas características em função da sua adaptabilidade a locais úmidos, características de rápido crescimento e serem atrativas a fauna, dados já descritos neste trabalho (pag. 116 a 121).

*Inga uruguensis* da família Leguminosae - Mimosoideae é uma planta nativa adaptada a solos úmidos, de rápido crescimento e produz grande quantidade de frutos procurados pela fauna. *Erythrina mulungu* da família Leguminosae - Papilionoideae, é uma planta que apresenta facilidade de adaptação e se desenvolve bem em solos úmidos e em solos secos, podendo ser empregada em reflorestamentos mistos destinados a recomposição da vegetação de áreas degradadas de preservação permanente. Suas flores alimentam beija-flores, periquitos, papagaios e outras aves com seu néctar. *Croton floribundus* da família Euphorbiaceae, é uma planta nativa, adaptada às margens de rios, desde a beira d'água até as bordas externas das matas ciliares, pioneira e de crescimento moderado em regeneração artificial. Suas folhas e flores são alimentos para animais silvestres e devido ao seu rápido desenvolvimento é recomendada para colonização de áreas degradadas. *Cyatharexylum myrianthum* da família Verbenaceae, é uma planta nativa adaptada a locais muito úmidos e brejosos, de rápido desenvolvimento e produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, amplamente disseminadas pela avifauna (LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994).

*Gliricidia sepium* da família Leguminosae - Papilionoideae é uma planta exótica, nativa do México e América Central, de crescimento rápido, se reproduz facilmente de forma sexuada e assexuada com excelente capacidade de rebrota. Na conservação de solos é recomendada para uso no controle de erosão, estabilização de terraços e recuperação de ecossistemas degradados. (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980; PARROTA, 1992; ALLEN & ALLEN, 2008; PERINO, 1979).

## 6.4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.4.3.1 Solos

Os resultados da análise química do solo (Tabelas 17,18 e 19) indicaram acidez elevada com toxidez por  $\text{Al}^{3+}$  alta, acompanhando o padrão dos solos de cerrado que apresentam pH variando entre 4,0 e 7,5 (OLIVEIRA, 2009).

De modo geral (Tabelas 17, 18 e 19), os níveis de fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K) e cálcio (Ca), foram considerados baixos, apresentando como resultado uma soma de bases (SB) também baixa. Os teores de matéria orgânica (MO) se apresentaram muito baixo o que é compreensível pelo ambiente de degradação. Na voçoroca a remoção da camada superficial do solo promove alterações nos atributos químicos e físicos do solo, trazendo grandes prejuízos quanto a reabilitação destas áreas, pois torna estes solos limitantes para o estabelecimento de vegetação.

Tabela 17. Caracterização físico-química do solo no interior da voçoroca na área 1 a Montante

Profundidade	P	MO	pH água	$\text{Al}^{3+}$	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
cm	mg/dm <sup>3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>						mmol./dm <sup>3</sup>			%
0 a 20	0,1	0,2	5,1	1,5	11	0,4	0,2	3,2	0,5	3,8	16,4
21 a 40	0,4	0,2	5,4	1,2	9	0,4	0,1	2,6	0,6	3,1	16,7

Tabela 18. Caracterização físico-química do solo no interior da voçoroca na área 2 mediana.

Profundidade	P	MO	pH água	$\text{Al}^{3+}$	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
cm	mg/dm <sup>3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>						mmol./dm <sup>3</sup>			%
0 a 20	0,1	0,2	5,5	1,2	6	0,5	0,2	2,1	0,7	2,8	25,4
21 a 40	0,1	0,2	5,4	1,3	5	0,5	0,2	2,9	0,7	3,6	19,7

Tabela 19. Caracterização físico-química do solo no interior da voçoroca na área 3 a jusante

Profundidade	P	MO	pH água	$\text{Al}^{3+}$	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
cm	mg/dm <sup>3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>						mmol./dm <sup>3</sup>			%
0 a 20	0,1	0,2	5,2	1,3	6	0,5	0,2	2,6	0,7	3,3	21,6
21 a 40	0,4	0,3	4,9	1,3	9	0,4	0,1	3,2	0,5	3,7	14,0

De acordo com as análises granulométricas as áreas foram classificadas como:

Tabela 20. Caracterização física das amostras de solo dentro do canal nas áreas 1,2 e 3

Local da amostra	Prof.	Relações da análise física (%)			Classe textural
		Areia	Silte	Argila	
Área 1 – a Montante	20 cm	49,0	33,0	18,0	FRANCA
	40 cm	56,0	30,0	14,0	FRANCO ARENOSA
Área 2 – mediana	20 cm	74,0	16,0	10,0	FRANCO ARENOSA
	40 cm	70,0	15,0	15,0	FRANCO ARENOSA
Área 3 – a jusante	20 cm	64,0	18,0	18,0	FRANCO ARENOSA
	40 cm	59,0	21,0	20,0	FRANCO ARGILLO ARENOSA

#### 6.4.3.2 Temperatura

Na classificação de Köppen, no município de Uberlândia, o clima é do tipo Tropical semiúmido (Cw), com temperatura média anual de 23º C, o que pode ser observado na figura 76. De acordo com dados do laboratório de climatologia da UFU, a temperatura do ar em 2009 apresentou as médias máxima e mínima de 28,5º C e 18,7º C respectivamente.

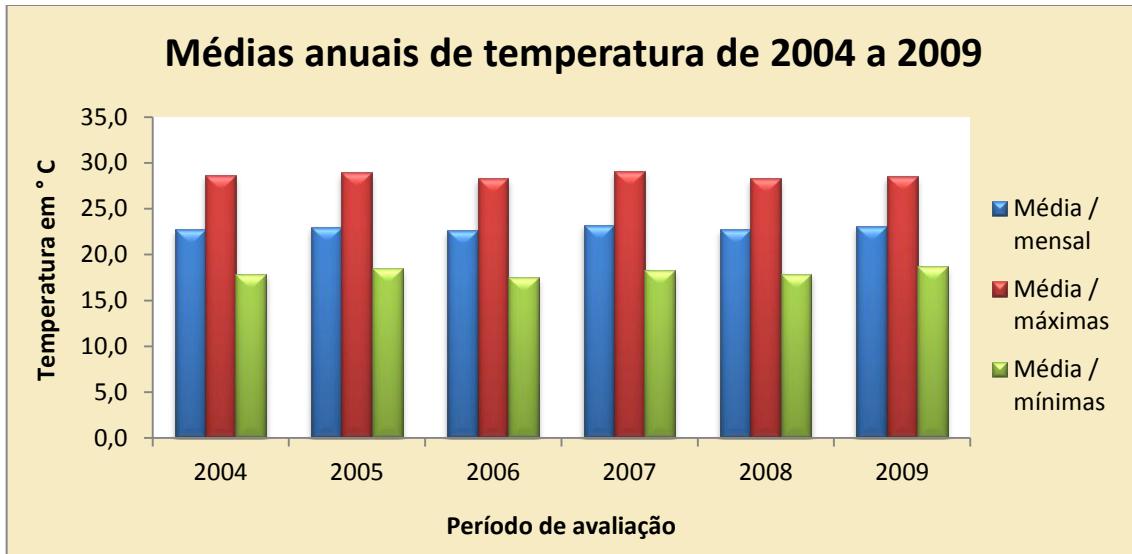


Figura 76. Gráfico da médias anuais de temperatura no período de 2004 a 2009. Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. (Org.: Biulchi - março de 2010).

#### 6.4.3.3 Dados pluviométricos

Os resultados do monitoramento pluviométrico (Figura 77) no ano de 2009 registraram um índice de 1894,64 mm, sendo que os meses de junho e julho foram os que

registraram os menores índices de 14,97 e 14,98 respectivamente e o maior índice mensal do ano foi registrado em dezembro com 515,42 mm. Em 2010 o total de precipitação foi de 1406,3 mm, tendo sido registrado o menor índice no mês de julho com 9,17 mm e não houve precipitação no mês de agosto. O maior índice mensal no ano foi em novembro com 344,74 mm.

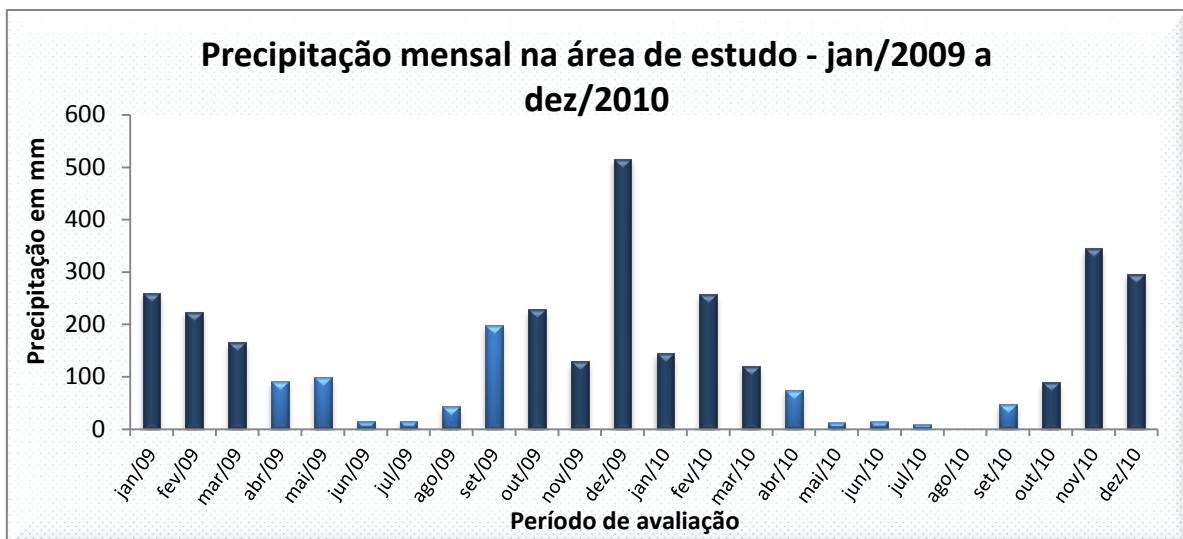


Figura 77. Gráfico mensal de precipitação na área da pesquisa no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010. Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. (Org.: Biulchi - maio de 2011).

A precipitação ocorre de forma sazonal e é possível se observar existência de dois períodos distintos na figura 77: um com elevada precipitação pluviométrica, em janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro; o outro com baixa precipitação pluviométrica em abril, maio, junho, julho, agosto e setembro.

Os resultados do monitoramento pluviométrico diário, na área de estudo no período da pesquisa são apresentados na figura 78.

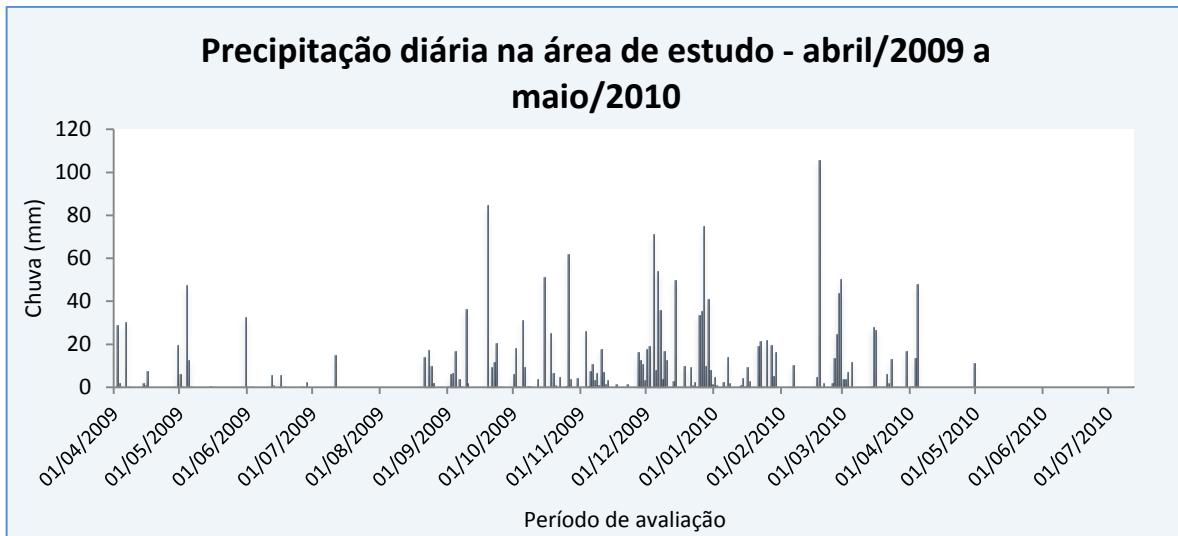


Figura 78. Gráfico diário de chuvas durante 408 dias na área da pesquisa. Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. (Org.: Biulchi - junho de 2010).

Observa-se a irregular distribuição das chuvas no período em que foi desenvolvida a pesquisa, os maiores índices diários de chuva registrados foram no dia 19 de setembro de 2009, com 84,60 mm e no ano de 2010 no dia 18 de fevereiro com 105,52mm.

#### **6.4.3.4 Umidade no solo dentro do canal**

As variações de umidade no solo (Figuras 79, 80 e 81), dentro do canal no decorrer da pesquisa apresentaram índices semanais que variaram, a 20 cm de profundidade, no ponto 1 entre 27,67% dezembro/2009 e 5,7% maio/2010; ponto 2 - 4,85% agosto/2009 e 30,77% dezembro/2009; ponto 3 - 32,13% abril/2009 e 9,13% junho/2009. A 50 cm de profundidade, as variações semanais de umidade no solo foram: ponto 1 - 28,98% maio/2009 e 5,74% setembro/2009; ponto 2 - 6,44% setembro/2009 e 30,91% dezembro/2009 e ponto 3 - 8,59% agosto/2009 e 31,43% em novembro de 2009.

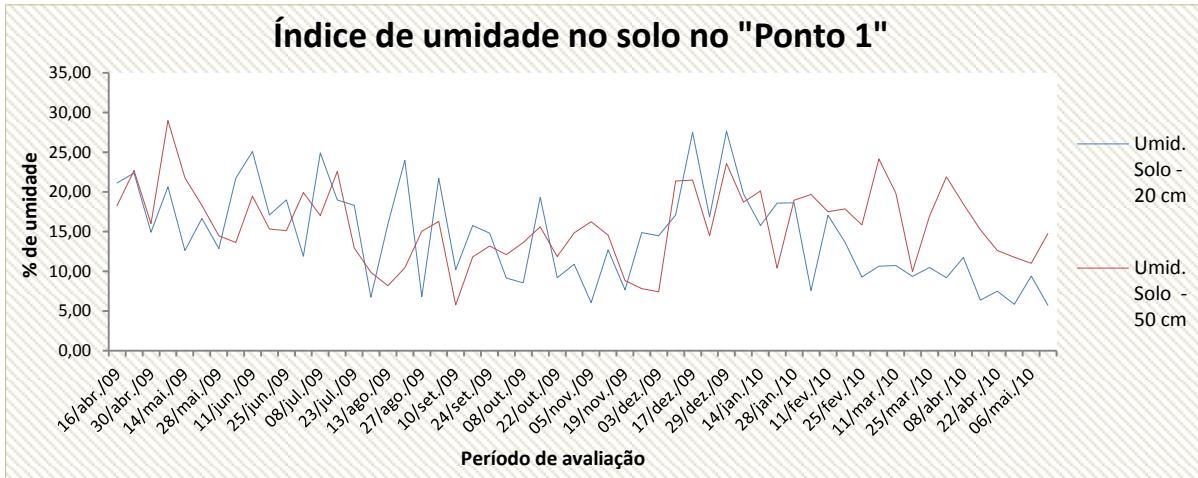


Figura 79. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “1” localizado no início do canal.

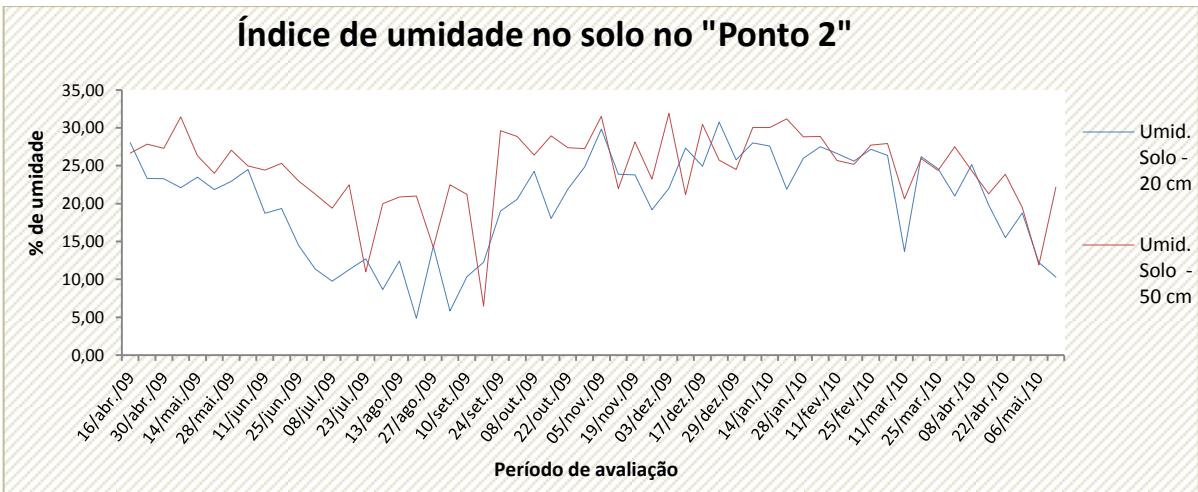


Figura 80. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “2” localizado na parte mediana do canal.

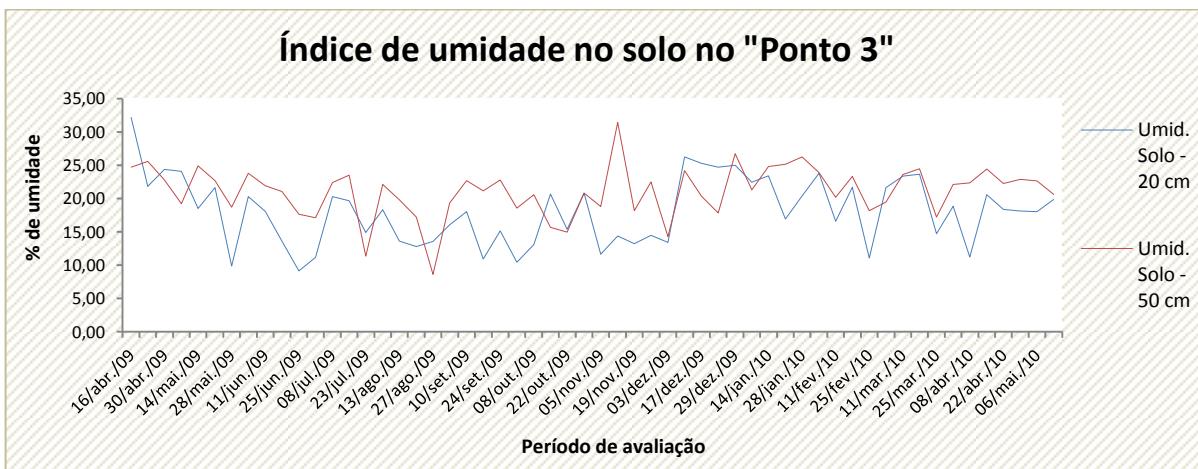


Figura 81. Gráfico de variação semanal da umidade do solo a 20 e 50 cm de profundidade de março de 2009 a maio de 2010 no ponto “3” localizado a jusante.

As variações médias mensais de umidade no solo nos pontos 1, 2 e 3 dentro do canal, apresentou maior média de umidade no solo a 20 cm de profundidade no ponto 2 com 26,71% no mês de fevereiro/ 2010, seguido pelo ponto 3 com 26,09% em abril/2009 e ponto 1 com 20,72 em junho/2009. A 50 cm de profundidade a maior umidade média mensal no solo foi no ponto 2 com 30,42% no mês de janeiro/2010, seguida pelo ponto 3 com 24,34% no mês abril/2009 e pelo ponto 1 com 20,88% no mês de maio/2009.

#### **6.4.3.4.1 Média de umidade no solo em 12 meses de abril de 2009 a março de 2010**

A média anual de umidade no solo nos pontos 1, 2 e 3 é de 15,81%, 22,95% e 19,45% respectivamente. A variação média da umidade no solo no decorrer do ano permaneceu menor no ponto 3 com média de 17% nos meses de julho, agosto e setembro, apresentando nos demais meses uma média com 19% de umidade do solo.

No ponto 1, nos meses de abril, maio, junho, julho e janeiro registrou-se a maior umidade no solo com média de 18,02% e nos demais meses a média foi de 14,2%. O ponto 2 foi o que apresentou maior valor de umidade no solo durante o ano, com média de 15,1% nos meses de julho, agosto e setembro e nos demais meses registrou uma média com 24,97% de umidade, apresentando em alguns pontos um reflexo negativo para o desenvolvimento de plantas neste ambiente.

#### **6.4.3.5 Estabelecimento e desenvolvimento das espécies**

O acompanhamento do crescimento das plantas foi realizado conforme cronograma estabelecido sendo realizadas oito medições mensais a partir de setembro de 2009, onde os parâmetros selecionados para avaliar seu crescimento foram: altura total, diâmetro da copa e

diâmetro do caule a 0,05 m do nível do solo. Segundo Reis, (2006) para a avaliação da qualidade das mudas os parâmetros de diâmetro e altura contribuem com 83,19% para a sua qualidade. Golfari (1975), citado por Sousa (2008), destaca que um dos índices mais seguros para comprovar se determinada espécie foi plantada em local apropriado é o crescimento em altura considerado pelo autor um dos parâmetros mais importantes para determinar o estabelecimento de mudas em competição.

Na primeira avaliação, em setembro de 2009 pode-se observar que os primeiros quatro meses após o plantio consistiram no período de adaptação destas plantas ao campo, 90 % das plantas perderam as folhas nos três primeiros meses após o plantio e apresentaram um desenvolvimento lento neste período.

#### **6.4.3.5.1 Comportamento das espécies:**

##### **a) Pombeiro (*Cytharexylum myrianthum*)**

No acompanhamento das mudas de Pombeiro (Figura 82) pode-se observar que 100% das mudas apresentaram perda das folhas e morte do ponteiro nos primeiros três meses após o plantio, destas 50% entraram em senescência. As outras 50 % apresentaram brotação nova a partir da sua base, e o início da brotação foi observado com 161 dias após o plantio. Estas brotações apresentaram um desenvolvimento bastante lento durante todo o período da pesquisa onde o crescimento em altura iniciou novamente do zero, ou seja, junto ao solo ou base da planta.

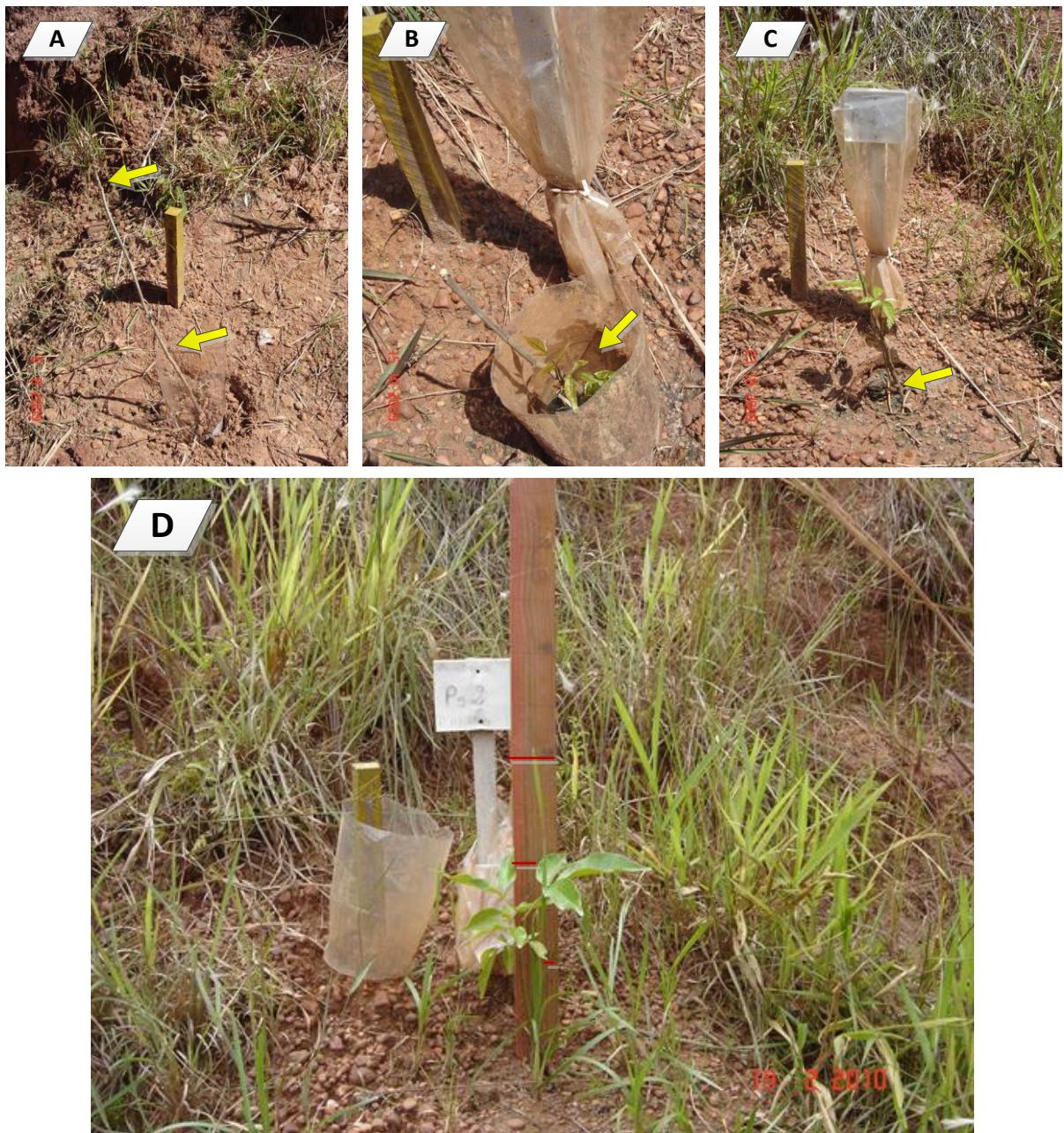


Figura 82. Desenvolvimento do Pombeiro (*Cytharexylum myrianthum*). A figura A mostra a muda em 06/08/09, onde se observa a planta desprovida de folhas. Na figura B o início da brotação em 15/10/09. A figura C mostra o local da brotação e a perda do caule original e a figura D mostra a altura total desta planta em 19/02/10 com 10 meses. (Org.: Biulchi, 2012).

**b) Mulungu (*Erythrina mulungu*)**

As mudas de Mulungu (Figura 83) também apresentaram perda total das folhas, em 100% das plantas, na fase de adaptação, nos primeiros três meses após o plantio, no entanto não apresentaram morte do ponteiro que permaneceu túrgido.

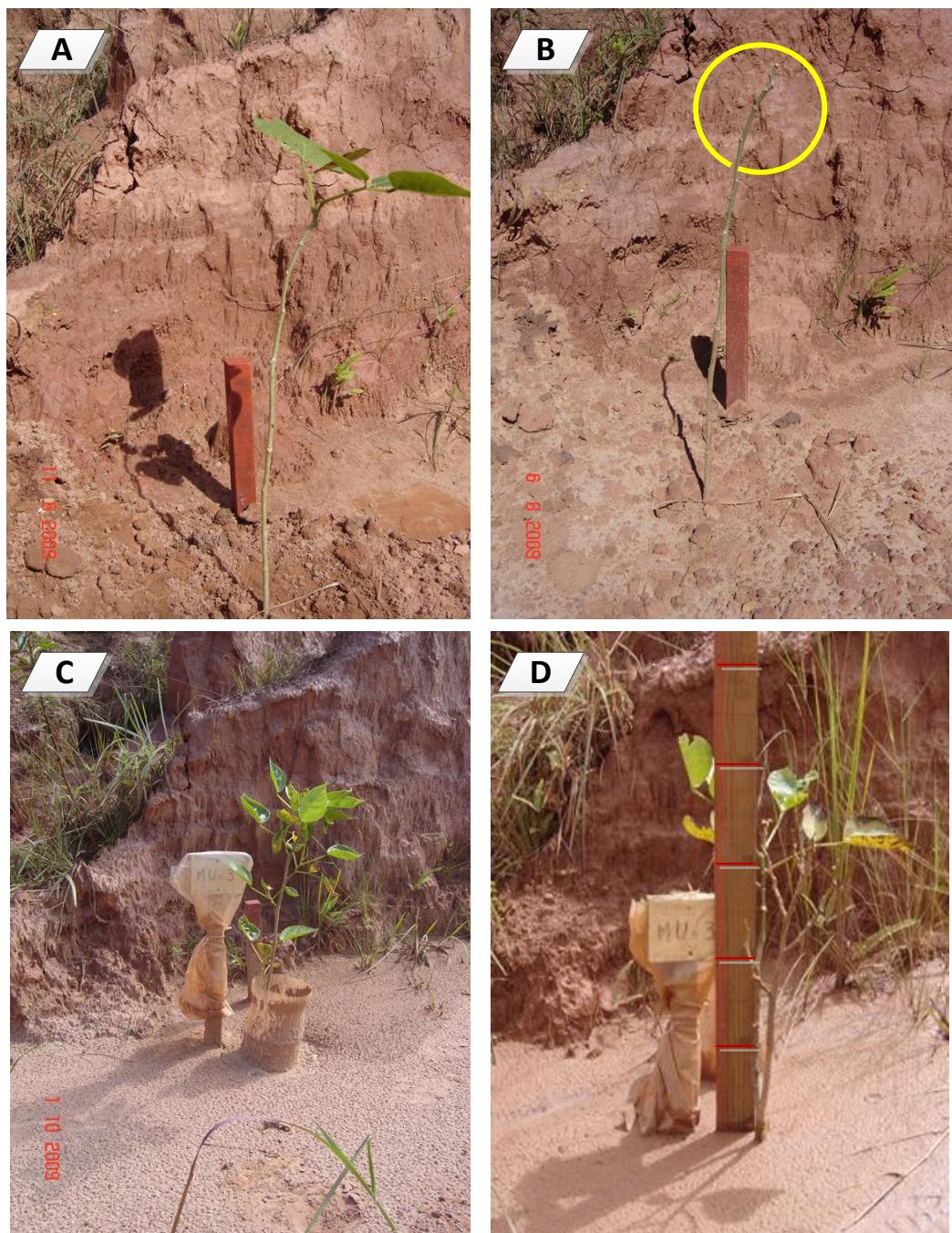


Figura 83. Desenvolvimento do Mulungu (*Erythrina mulungu*). A figura A mostra a muda em 11/06/09, 40 dias após o plantio. A figura B mostra a planta desprovida de folhas e com o ponteiro túrgido em 06/08/09. Na figura C pode-se observar a planta em 01/10/09 e na figura D a altura total desta planta em 19/02/10 com 10 meses. (Org.: Biulchi, 2012).

Observou-se o inicio da brotação em 100% das plantas 170 dias após o plantio, os brotos sugiram junto a base, na área mediana do caule e junto ao ponteiro. Um mês após o inicio da brotação pode-se observar sinais de clorose nas folhas, que com o passar do tempo e sem nenhuma intervenção desapareceram dando lugar a folhas grandes bem formadas e de coloração verde intenso.

Entre dezembro e janeiro houve um pequeno ataque de insetos nas folhas mais velhas o que aparentemente não causou grandes danos às plantas. Nesta espécie a sobrevivência foi de 100%, apresentaram tolerância aos períodos de alagamento e a alta taxa de umidade no solo.

### c) Capixingui (*Croton floribundus*)

O Capixingui (Figura 84) apresentou perda total das folhas em 100% das plantas nos primeiros três meses após o plantio, destas 25% entraram em senescência e 75% apresentaram brotações novas junto a base e na área mediana do caule todas tiveram perda do ponteiro. No período de alagamento observou-se o amarelecimento das folhas. O desenvolvimento se apresentou lento e houve perda de mais 50% das plantas onde a taxa de sobrevivência para esta espécie ficou em 25%.

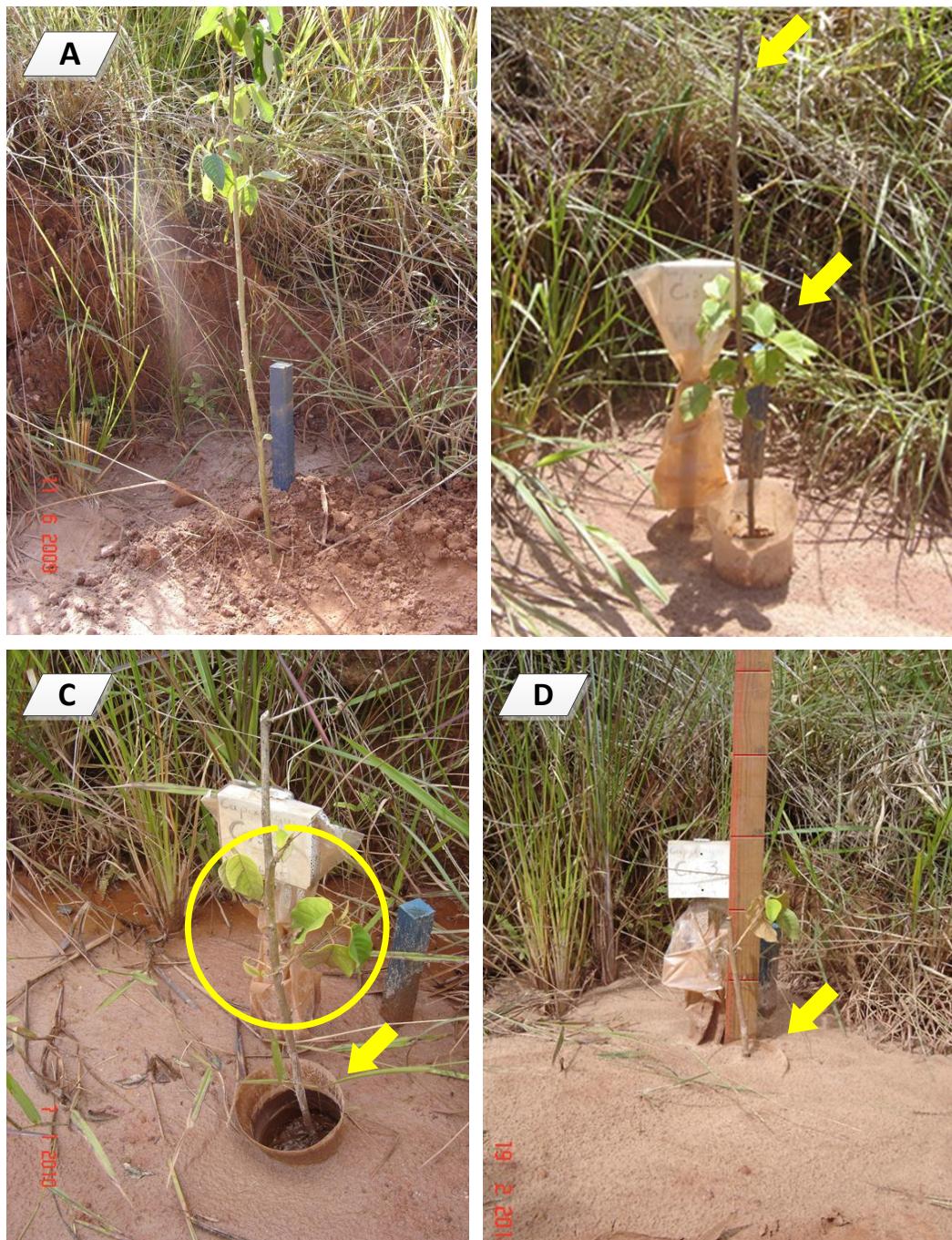


Figura 84. Desenvolvimento do Capixingui (*Croton floribundus*). A figura A mostra a muda em 11/06/09, 40 dias após o plantio. A figura B mostra a planta com a brotação nova e a perda do ponteiro em 23/10/09. A figura C mostra as folhas amareladas e murchas em 07/01/10 e pode-se observar também, a quantidade de sedimento acumulado junto a proteção de “pet”. A figura D mostra a altura total da planta em 19/02/10 com 10 meses, aqui podemos observar que os sedimentos cobriram a proteção de pet de 10 cm que envolve a planta. (Org.: Biulchi, 2012).

**d) Ingá (*Inga uruguensis*)**

No acompanhamento das mudas de Ingá (Figura 85) pode-se observar que 75 % das plantas apresentaram perda das folhas nos três primeiros meses após o plantio. Todas apresentaram brotação que iniciou com 180 dias após o plantio. Esta espécie apresentou murchamento das folhas no período de alagamento, a sobrevivência foi de 100% e desenvolvimento da espécie foi satisfatório.



Figura 85. Desenvolvimento do Ingá (*Inga uruguensis*). A figura A mostra a muda em 11/06/09, 40 dias após o plantio. A figura B mostra a planta em 10/10/09 e a figura C com a altura total em 19/02/10 com 10 meses. Na figura D outra muda de ingá com sintomas de murchamento em 10/12/09. (Org.: Biulchi, 2012).

e) ***Gliricidia (Gliricidia sepium)***

A Gliricidia (Figura 86) apresentou perda inicial das folhas em 75% das plantas nos primeiros quinze dias após o plantio, não apresentando morte dos ponteiros.

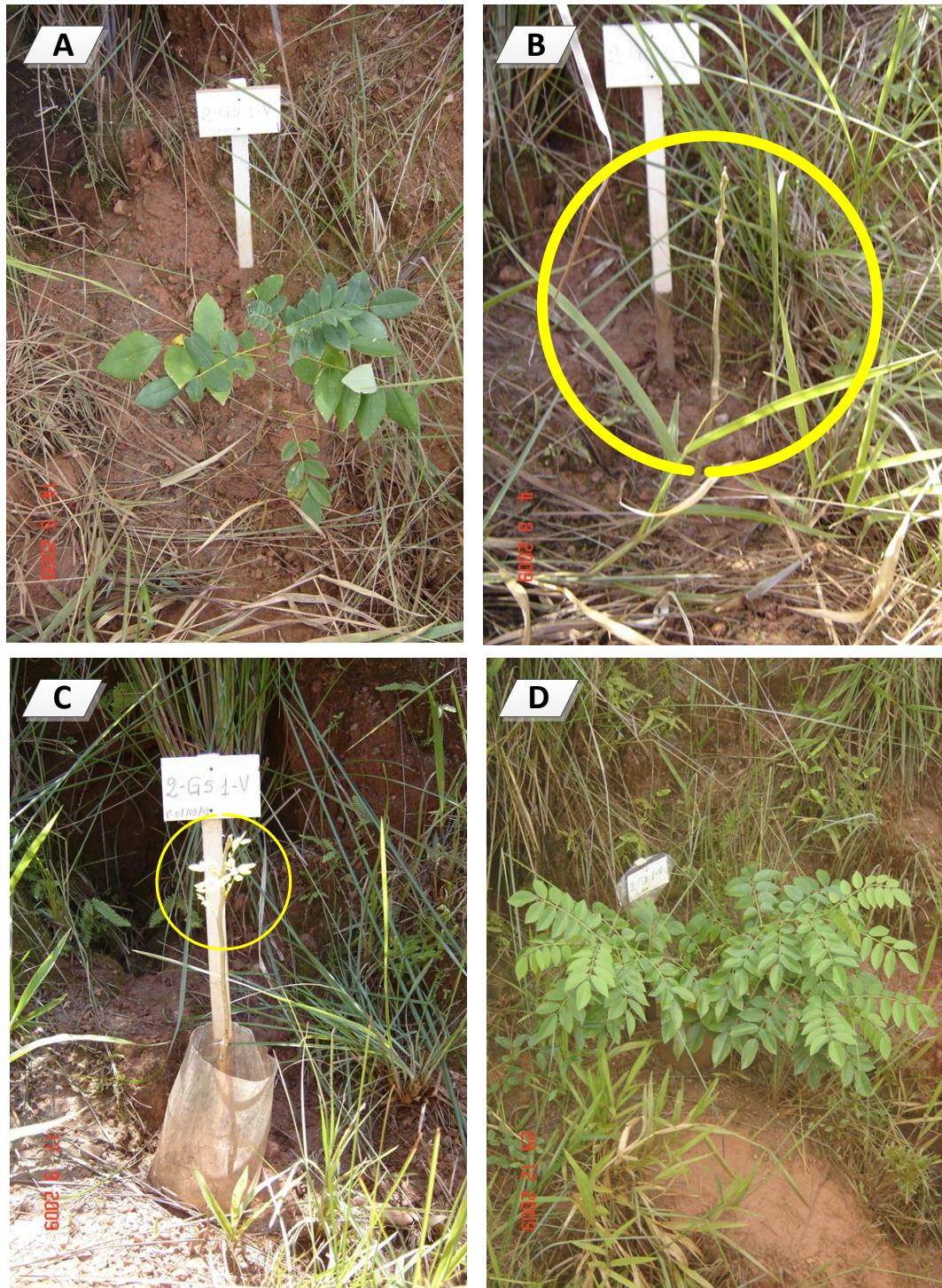


Figura 86. Desenvolvimento da Gliricidia (*Gliricidia sepium*). A figura A mostra a muda em 11/06/09, 40 dias após o plantio. Na figura B a planta se apresenta desfolhada por ataque de formigas em 04/08/09. A figura C mostra a nova brotação em 11/09/09. A figura D mostra a planta em 29/12/09. (Org.: Biulchi, 2012).

Todas as plantas desenvolveram novas brotações na área mediana do caule e junto ao ponteiro iniciando com 40 dias após o plantio (Figura 86 C).

Nesta espécie, em agosto, houve uma nova desfolha por ataque de formigas em 50% das plantas e em torno de 20 dias após o ataque já era possível observar o desenvolvimento de nova brotação. Foi observado ainda o ataque de pulgões (Figura 87) que ocorreu em novembro onde 50% das plantas foram afetadas.

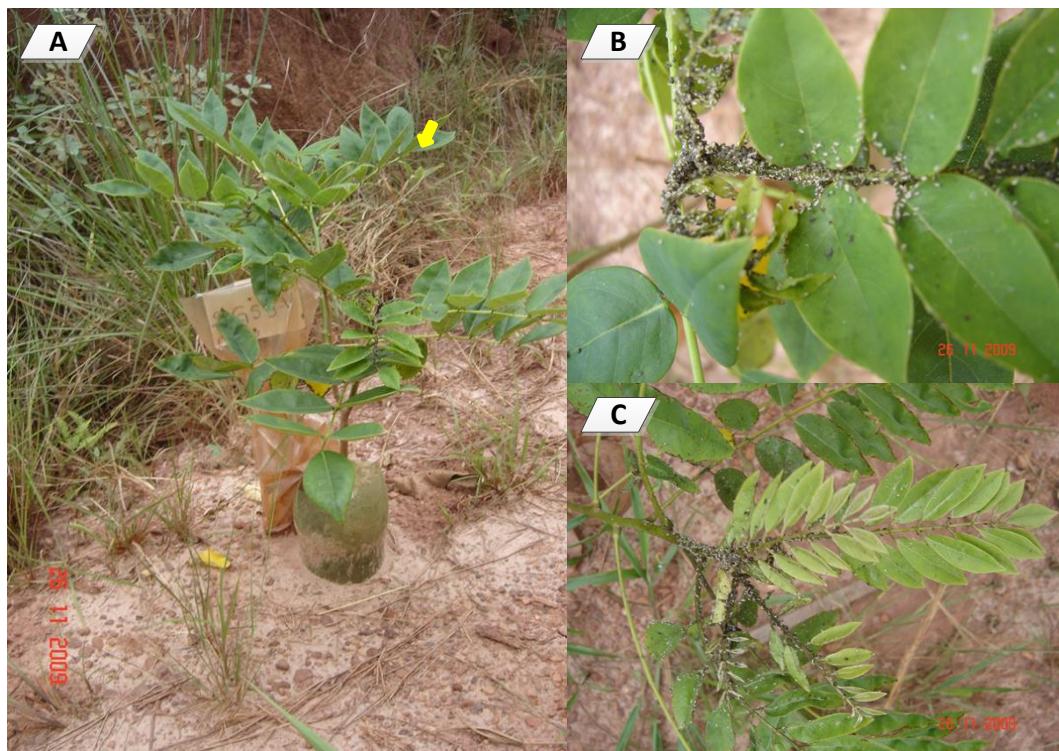


Figura 87. Ataque de pulgões na gliricidia. As figuras A, B e C mostram a *Gliricidia sepium* com ataque de pulgões em 26/11/09. (Org.: Biulchi, 2012).

A taxa de sobrevivência da Gliricidia foi de 100% apresentando bom desenvolvimento e tolerância a alagamento por curtos períodos, o que pode ser observado na figura 88.

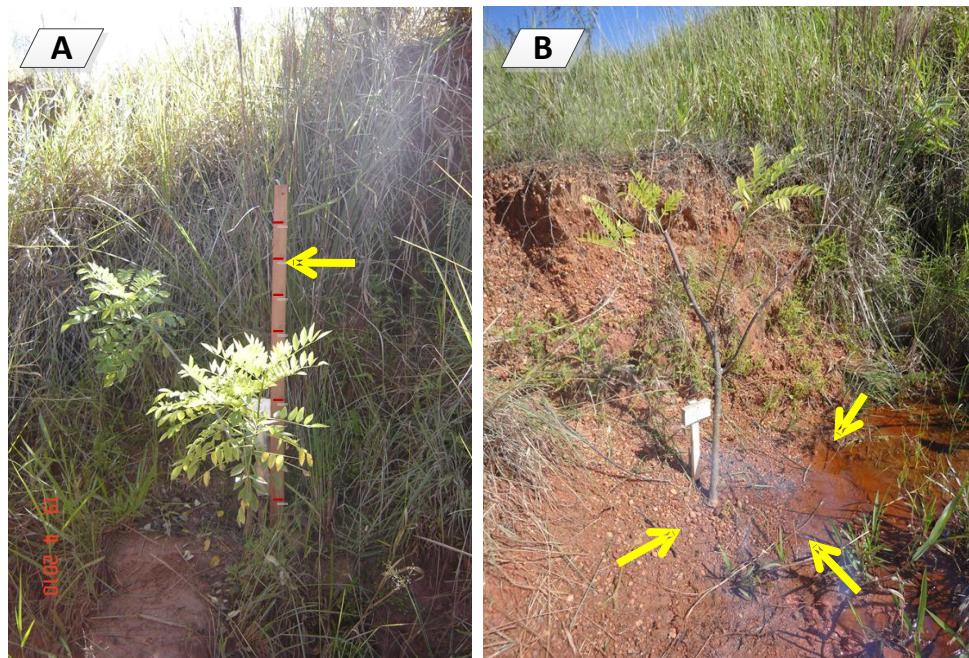


Figura 88. Estabelecimento de *Gliricidia sepium* dentro da voçoroca. Na figura A podemos observar a altura total da gliricidia tratamento 2 (Gs 1 V) em 19/02/10 aos 10 meses e na figura B a gliricidia em ambiente alagado dentro da voçoroca.

#### 6.4.3.5.2 Acompanhamento do desenvolvimento das espécies

Embora em determinadas épocas as áreas de copa das plantas, foram afetadas pela desfolha total, durante a condução do experimento, os parâmetros de altura total e diâmetro da copa não foram suprimidos, pois a rebrota propiciou a recuperação dos indivíduos oferecendo condições de avaliação.

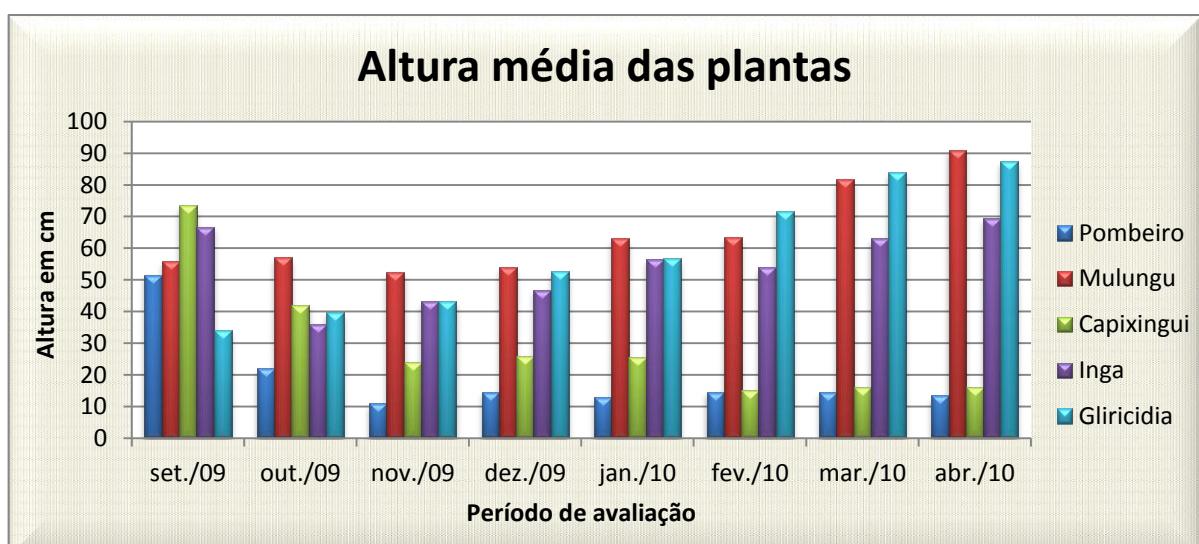


Figura 89. Gráfico de crescimento médio em altura das espécies nativas: Pombeiro (*Cytharexylum myrianthum*), Mulungu (*Erythrina mulungu*), Capixingui (*Croton floribundus*) e Ingá (*Ingá uruguensis*) e uma espécie exótica: Gliricidia (*Gliricidia sepium*) no período de setembro/2009 a abril/2010.

Observa-se na figura 89 que o maior crescimento médio em altura aos 12 meses após o plantio foi registrado pelo Mulungu com média 91 cm, seguido pela Gliricidia com média de 87,3 cm e pelo Ingá que apresentou uma média de 69,25 cm de altura. O pombeiro e o capixingui com médias de 13,5 cm e 16 cm respectivamente, apresentaram um grande decréscimo na sua média de altura inicial. Este decréscimo pode ser justificado pela perda total de suas copas no período inicial de adaptação no ambiente, onde a rebrookta ocorreu a partir da base da planta desenvolvendo um novo caule a partir do solo.

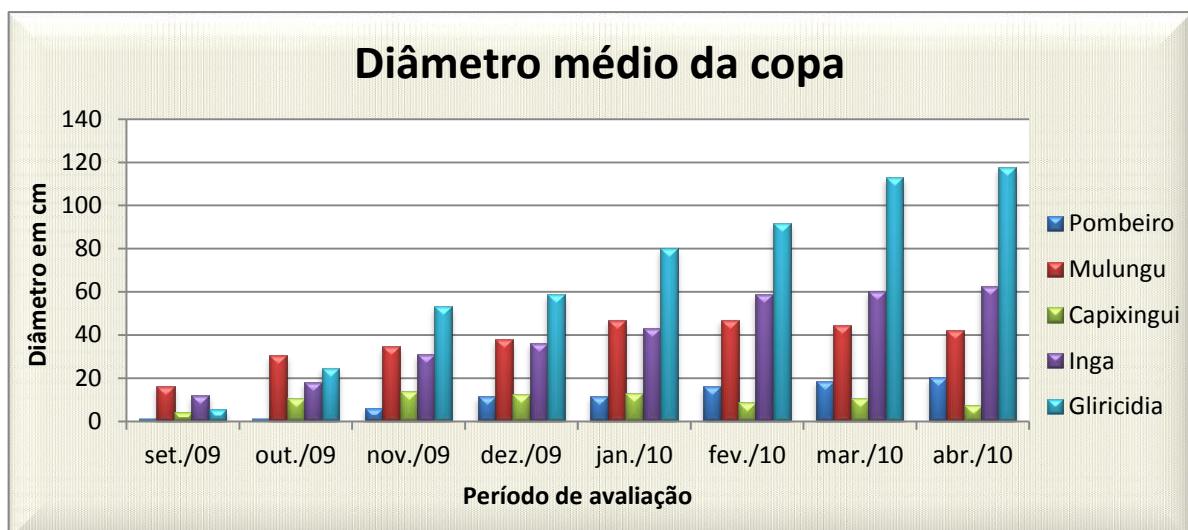


Figura 90. Gráfico de crescimento médio da copa das espécies nativas: Pombeiro (*Cytharexylum myrianthum*), Mulungu (*Erythrina mulungu*), Capixingui (*Croton floribundus*) e Ingá (*Inga uruguensis*) e uma espécie exótica: Gliricidia (*Gliricidia sepium*) no período de setembro/2009 a abril/2010.

Pode-se observar de acordo com a figura 90 que o diâmetro de copa iniciou com valores muito baixos para todas as espécies devido a desfolha em 90 % das plantas no período de adaptação. O crescimento médio do diâmetro da copa para a Gliricidia com média de 117,33 cm aos 12 meses após o plantio se apresentou superior com relação as espécies avaliadas. O Ingá apresentou uma média de 62,5 cm de diâmetro da copa seguido pelo Mulungu com 42 cm aos 12 meses após o plantio.

O Pombeiro e o Capixingui aqui também apresentam um desenvolvimento muito baixo com relação ao crescimento médio da copa com 20 cm e 7,5 cm respectivamente um ano após o plantio.

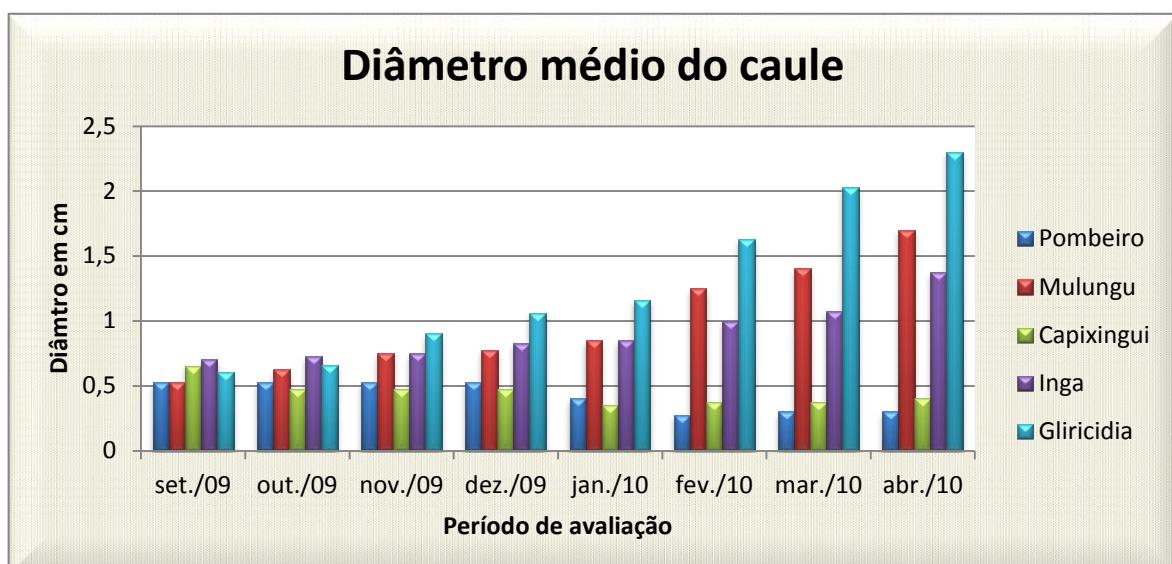


Figura 91. Gráfico de crescimento médio do diâmetro do caule das espécies nativas: Pombeiro (*Cytharexylum myrianthum*), Mulungu (*Erythrina mulungu*), Capixingui (*Croton floribundus*) e Ingá (*Ingá uruguensis*) e uma espécie exótica: Gliricidia (*Gliricidia sepium*) no período de setembro/2009 a abril/2010.

O crescimento do diâmetro do caule (Figura 91), a cinco cm do nível do solo, apresentou diferenças significativas entre as espécies a partir da quarta avaliação. A gliricidia com um ano apresentou uma média de 2,3 cm superando as outras espécies estudadas. O Mulungu e o Ingá com médias de 1,7 cm e 1,38 cm respectivamente não apresentaram diferenças significativas entre si. Com médias de 0,3 cm para o pombeiro e 0,4 cm para o capixingui, que apresentaram decréscimo na média do diâmetro do caule, também justificado pela perda das copas e formação de novos caules a partir da base, não apresentaram crescimento significativo.

#### 6.4.3.5.3 Análise de variância

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias obtidas foram

comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. O resumo da análise de variância aos 12 meses pós-plantio, para a variável diâmetro do caule a cinco cm do coletor, é apresentado na tabela 24.

A análise de variância das médias em altura ao final do período experimental indicou diferenças significativas (Tabelas 21 e 24) entre os tratamentos PS (Pombeiro) e CX (Capixingui) com relação aos tratamentos IN (Ingá), GS (Gliricidia) e MU (Mulungu).

Mudas de *Erythrina mulungu*, *Gliricidia sepium* e *Inga uruguensis* expressaram média em altura de 64,78; 58,66 e 54,43 cm respectivamente, estatisticamente superaram as médias das outras duas espécies *Croton floribundus* e *Cytharexylum myrianthum*.

A análise de variância para incrementos médios no diâmetro da copa e no diâmetro do coletor (Tabelas 22, 23 e 24) indicou efeito significativo para a *Gliricidia sepium* que estatisticamente superou as outras quatro espécies.

Tabela 21. Resumo da análise de variância para a variável altura média para espécies nativas e gliricidia.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
PLANTA	4	12469.461500	3117.365375	*	
DATA	7	2319.315478	331.330783	*	
erro	28	6911.475660	246.838416		
Total corrigido	39	21700.252637			
CV (%) =	34.61				
Média geral:	45.3887500		Número de observações: 40		
* significativo a nível de 5%, ** não significativo					

Tabela 22. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro médio da copa para espécies nativas e gliricidia.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
PLANTA	4	18505.835350	4626.458838	*	
DATA	7	8219.280698	1174.182957	*	
erro	28	6909.209690	246.757489		
Total corrigido	39	33634.325738			
CV (%) =	47.26				
Média geral:	33.2362500		Número de observações: 40		
* significativo a nível de 5%, ** não significativo					

Tabela 23. Resumo da análise de variância para a variável diâmetro médio do caule para espécies nativas e gliricidia.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
PLANTA	4	4.454860	1.113715	*	
DATA	7	1.725857	0.246551	*	
erro	28	2.787580	0.099556		
Total corrigido	39	8.968297			
CV (%) =		38.94			
Média geral:	0.8102500	Número de observações: 40			
* significativo a nível de 5%, ** não significativo					

Tabela 24. Avaliação das médias de altura, diâmetro da copa e diâmetro do caule para espécies nativas e gliricidia.

Tratamento	Altura (cm)	Tratamento	Diâmetro da copa (cm)	Tratamento	Diâmetro do caule (cm)
PS	19.312500 a	CX	10.062500 a	PS	0.422500 a
CX	29.750000 a	PS	10.687500 a	CX	0.443750 a
IN	54.437500 b	MU	37.327500 b	IN	0.910000 b
GS	58.662500 b	IN	40.187500 b	MU	0.982500 b
MU	64.781250 b	GS	67.916250 c	GS	1.292500 c

Médias seguidas da mesma letra não diferiram entre si estatisticamente.

As espécies leguminosas: *Erythrina mulungu*, após passar por estresse hídrico, com períodos de alagamento, não apresentou distúrbios visíveis no seu metabolismo, após um ano de acompanhamento, resultado semelhante foi relatado por Sousa (2008), com *Erythrina falcata* em ambiente de várzea. *Ingá uruguensis* apresentou sintomas de murchamento em decorrência da baixa oxigenação do solo no período de alagamento se restabelecendo após baixar o nível do lençol freático. *Gliricidia sepium* não apresentou sintomas visíveis no seu metabolismo após passar por estresse hídrico, após um ano de acompanhamento.

As espécies nativas *Cytharexylum myrianthum* e *Croton floribundus* apresentaram médias de crescimento muito baixas para o período avaliado com 19,31 e 29,75 cm respectivamente. O cróton floribundus apresentou ao final do estudo, taxa de sobrevivência de 25% e o *Cytharexylum myrianthum* 50% de sobrevivência.

Dados semelhantes foram observados por Salvador, (1986) que estudou a sobrevivência de oito espécies nativas em solos situados na faixa de depleção do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Paraibuna (SP), sob condições de inundação de 34 a 174 dias. Onde,

o *Croton floribundus* demonstrou baixa tolerância à inundaçāo, apōs 34 dias e o *Cytharexylum myrianthum* apresentou os menores percentuais de sobrevivēcia, se revelando como espēcias inviáveis ao estudo proposto. Diferentemente, Andrade et al., (1999) ao avaliarem o efeito do alagamento em *Cytharexylum myrianthum* observaram que o crescimento da espēcie foi estimulado sob condição de inundaçāo, apresentando taxa máxima de sobrevivēcia, resultados que indicam a espēcie para revegetação em áreas sujeitas a inundaçāo.

Para o estabelecimento da vegetação o solo é o fator do meio que influi diretamente no estabelecimento e regeneração da vegetação devendo apresentar condições ambientais favoráveis para que ocorra, como bom teor de matéria orgânica e nutrientes, nível adequado de pH, umidade, temperatura e aeração. Como a área de estudo apresenta solos degradados por ação erosiva, que sofreram severas alterações, pode ter sido o fator limitante para o estabelecimento da espēcie *Cytharexylum myrianthum*.

Pereira et al., 1999, em seus estudos, avaliando o desenvolvimento de espēcias vegetais em três sítios, observaram que a espēcie *Croton floribundus* apresentou comportamento diferenciado com relação aos locais de implantação, destacando que a espēcie apresentou crescimento estagnado no sítio 2 , local com alto teor de água. Avaliando o ritmo de crescimento de espēcias arbóreas em solo permanentemente úmido em dados encontrados por Durigan et al., (sd) o desempenho do *Croton floribundus* foi baixo, no primeiro ano apōs o plantio apesentando uma taxa de sobrevivēcia de 13%, no segundo ano contando com a rebrota chegou a 26% e chegando ao 4 ano com taxa de 12 % de sobrevivēcia. A espēcie foi considerada pelos autores, inadequada para plantio em solos permanentemente úmidos em regiões de Cerrado. Os autores destacam que o crescimento e a sobrevivēcia diminuíram de acordo com a proximidade do córrego onde o solo apresentava maior taxa de umidade. Dados que condiz com os levantados neste estudo.

Já Nicodemo et al., (2009) ao avaliar o desenvolvimento inicial de espécies florestais nativas, plantadas em pastagens formadas por *Brachiaria decumbens*, em Latossolo vermelho-escuro, observaram uma taxa de sobrevivências de 75% para o *Croton floribundus*, com altura média de 89,64 cm aos 344 dias pós-plantio na Região Sudeste. Estes dados demonstram que a espécie apresenta boa adaptação em ambientes secos.

A capacidade de estabelecimento das espécies pode ser observada nos primeiros períodos após plantio no campo e avaliadas pela taxa de sobrevivências das mesmas. Foi possível observar através do nosso estudo que apesar do ambiente com elevado nível de estresse hídrico e de degradação do solo, algumas espécies como o *Ingá uruguensis*, *Erythrina mulungu* e *Gliricidia sepium* responderam de forma positiva as condições ambientais de baixa oxigenação em determinados períodos e a baixa fertilidade do solo apresentando alta taxa de sobrevivência no primeiro ano no campo.

Dados semelhantes foram observados por Goulart et al., (2006) que ao avaliarem o comportamento de espécies florestais em processo de estabilização de voçorocas observaram que o *Ingá uruguensis* destacou-se em crescimento em locais úmidos, apresentando relação positiva entre teor de umidade e crescimento e Lira et al., (2009) em seus estudos na avaliação da tolerância à saturação hídrica do Ingá (*Ingá uruguensis* Hook), concluíram que as mudas desta espécie possuem tolerância à saturação hídrica podendo ser utilizadas em programas de recuperação de áreas inundáveis.

Ferreira, (2006) em estudo, com o uso de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio, na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia em Seropédica, observou que 24 meses após o plantio a *Gliricidia sepium* apresentou bom desenvolvimento em áreas de rejeito, indicando sua adaptação às condições adversas de ambientes em elevado estágio de degradação. A gliricidia apresentou crescimento médio de 3,4 m 24 meses após o plantio em área de rejeito.

#### 6.4.4 CONCLUSÕES

As espécies (Pombeiro) e *Croton floribundus* (Capixingui) não apresentaram, neste estudo, desenvolvimento inicial que indicasse eficiência na recuperação de áreas degradadas, em plantio dentro de voçoroca ativa que apresenta deficiências físicas e químicas de solo e lençol aflorado parte do ano.

As espécies nativas (Ingá) *Inga uruguensis* e (Mulungu) *Erythrina mulungu* responderam de forma positiva as condições ambientais de baixa oxigenação em determinados períodos e a baixa fertilidade do solo apresentando alta taxa de sobrevivência no primeiro ano no campo.

A espécie leguminosa exótica (Gliricidia) *Gliricidia sepium* apresentou bom desenvolvimento inicial em área degradada no interior de canal erosivo que apresenta lençol aflorado.

## **6.5 ESTABELECIMENTO DE BARREIRAS VIVAS PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS NO INTERIOR DA VOÇOROCA**

### **6.5.1 INTRODUÇÃO**

Em climas tropicais as próprias condições naturais podem provocar o desenvolvimento de processos erosivos acelerados, no entanto, a ação antrópica com o uso inadequado do solo, aliado as condições ambientais, podem provocar verdadeiros desastres. Novaes Pinto e Barros (1996) destacam que solos do Cerrado refletem um equilíbrio frágil entre o relevo, o clima e a vegetação e que em condições naturais, no Cerrado, ocorre à erosão dos solos pelas águas de escoamento superficial e subsuperficial.

A distribuição das chuvas na região do Triângulo Mineiro ocorre de forma sazonal apresentando uma média de seis meses de seca e seis meses com chuvas. As precipitações pluviais constituem o agente principal causador da erosão, onde as características de distribuição em quantidade e a intensidade das mesmas são de fundamental importância na evolução dos processos erosivos.

Nas áreas rurais os principais problemas causados pelo uso de terra tem provocado o desenvolvimento de processos erosivos acelerados. A voçoroca, forma mais evoluída da erosão, é responsável por grandes quantidades de sedimentos que assoreiam e contaminam corpos d'água, afetam o abastecimento de água, e diminuem a área utilizável em propriedades rurais.

O controle e recuperação de voçorocas são operações de custo elevado se tratando de pequenos proprietários rurais. Cunha e Guerra, (1996) destacam que “A medida em que a degradação ambiental se acelera e se amplia espacialmente, numa determinada área que esteja sendo ocupada e explorada pelo homem, a sua produtividade tende a diminuir, a menos que o homem invista no sentido de recuperar esta área”.

Neste contexto, o uso de barreiras para auxiliar no controle da erosão, retenção de sedimentos e no movimento das enxurradas no interior de voçorocas é uma das soluções propostas em diversos estudos. Bertoni e Lombardi Neto, (1990) destacam que o uso de estruturas para retenção de água e solo da voçoroca é de grande importância, pois atuam também no controle da sedimentação. Couto et al (2010), salientam que “As estruturas de detenção e retenção de sedimentos representam a principal ferramenta para controle de erosão em leito de canais e voçorocas”. Uma das soluções propostas por pesquisadores da EMBRAPA é a construção de "paliçadas", barreiras físicas feitas de bambu. (CAPECHE et al., 2008; ANDRADE, et al., 2005). Machado et al., (2006) recomendam o uso de paliçadas para quebrar a força da enxurrada e reter sedimentos dentro da voçoroca e sugerem a utilização de materiais de baixo custo como o bambu, pneus usados e sacos de ráfia. Nardin et al., (2010) enfatizam que a importância do uso de paliçadas está na retenção dos sedimentos no interior das incisões erosivas, diminuindo o assoreamento de fontes e corpos d’água.

A bioengenharia é uma técnica que consiste na utilização elementos biologicamente ativos como elemento construtivo, em conjunto com material inerte que visa ajudar a estabelecer as condições físicas nas fases iniciais, quando material vegetal ainda não atingiu o seu efeito ótimo. A utilização de espécies vegetais vivas no âmbito da consolidação de taludes, barrancos e no controle de erosão é uma técnica da bioengenharia considerada como uma alternativa e complementação para a engenharia tradicional (SANGALLI, 2008). Neste contexto, o uso da bioenhenharia na formação de barreiras para a retenção de sedimentos se

apresenta como uma solução possível de ser viabilizada para o controle da erosão dentro de voçoroca. Para Couto et. al., (2010), os sedimentos depositados, provenientes de áreas a montante das estruturas de retenção modificam a geometria final do talude e como consequência ocorre uma redução no transporte dos sedimentos devido à redução do volume e da força trativa sobre o leito.

Os objetivos desta pesquisa (ensaio 6) foram: a) construção de barreiras no interior da voçoroca utilizando estacas de *Gliricidia sepium*, plantadas direto no solo utilizando recomendações padrão de plantio e adubação, intercaladas com bambu; b) avaliar o estabelecimento destas mudas; c) Implantar um monitoramento das barreiras na retenção de sedimentos; e d) avaliar a contribuição das barreiras para a contenção de sedimentos no período de uma estação chuvosa.

As operações de formação de barreiras com o uso de bioengenharia apresentam baixo custo e uso de técnicas relativamente simples para sua instalação e manutenção, pois seu agente principal é a vegetação que apresenta efeitos positivos na recuperação de áreas degradadas e protege o solo dos efeitos danosos da erosão. A parte aérea das plantas e a serrapilheira, interceptam as gotas de chuva e protegem o solo dos processos de mobilização e carreamento das partículas, além de reduzir a velocidade das enxurradas. Com o tempo a gliricidia poderá melhorar a infraestrutura do solo pela deposição de sedimentos, com o acúmulo de serrapilheira e propiciar o estabelecimento de outras espécies vegetais do seu entorno para a recuperação desta área. De acordo com Campos et. al., (2008) a serapilheira é um fator importante na prevenção e recuperação de processos erosivos, pois ao ser depositada sobre o solo, se apresenta como uma eficiente camada protetora que diminui o grau de erodibilidade do solo e atenua os problemas causados pelo impacto direto das gotas de chuva.

Couto et. al., (2010), afirmam que as espécies vegetais contribuem com o sistema radicular e o caule, podendo ser utilizadas em diferentes arranjos, como elementos estruturais

e mecânicos na contenção e proteção do solo, propiciando melhoria nas condições de drenagem e retenção dos movimentos de terra, destacam ainda, a influência do reforçamento radicular na estabilidade dos taludes.

A escolha do material vivo (espécies vegetais) usados no campo é premissa fundamental para o sucesso das intervenções. A *Gliricidia sepium* foi escolhida em um primeiro momento através de estudos realizados em 2009/2010 para avaliar o estabelecimento de estacas plantadas direto no campo no interior de voçoroca ativa.

Biulchi e Rodrigues (2010), observaram que estacas de gliricidia plantadas direto no campo apresentaram taxa de sobrevivencia de 90% e boa capacidade de estabelecimento, em solo degradado dentro de uma voçoroca; Apresentaram ainda, boa adaptação em área degradada que apresenta a umidade do solo variando de 10% a 30% no decorrer do ano com 12 meses de idade, suportando ainda períodos curtos de encharcamento.

### **6.5.2 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi implantada no dia 10 de outubro de 2010 com a instalação de 5 barreiras compostas por estacas de *Gliricidia sepium*, destas, quatro foram intercaladas com bambu. Na escolha dos locais para a instalação das barreiras usou-se como critério a estabilização dos barrancos para que pudessem ser fixadas nos mesmos e ao mesmo tempo em locais que apresentavam visualmente maiores fluxos de sedimentos.

### 6.5.2.1 Instalação das barreiras

Foram instaladas cinco barreiras, numeradas em ordem crescente (Figuras 92 e 93), do sentido montante para jusante. Em quatro foram utilizadas estacas de bambu intercalado com as estacas de gliricidia, deixando-se em torno de 25 a 30 cm de bambu entre as estacas de gliricidia, pois de acordo com a literatura o diâmetro do tronco atinge em média 30 cm. As estacas de bambu foram inseridas ao solo a uma profundidade de 40 cm e as estacas de gliricidia a 30 cm de profundidade.

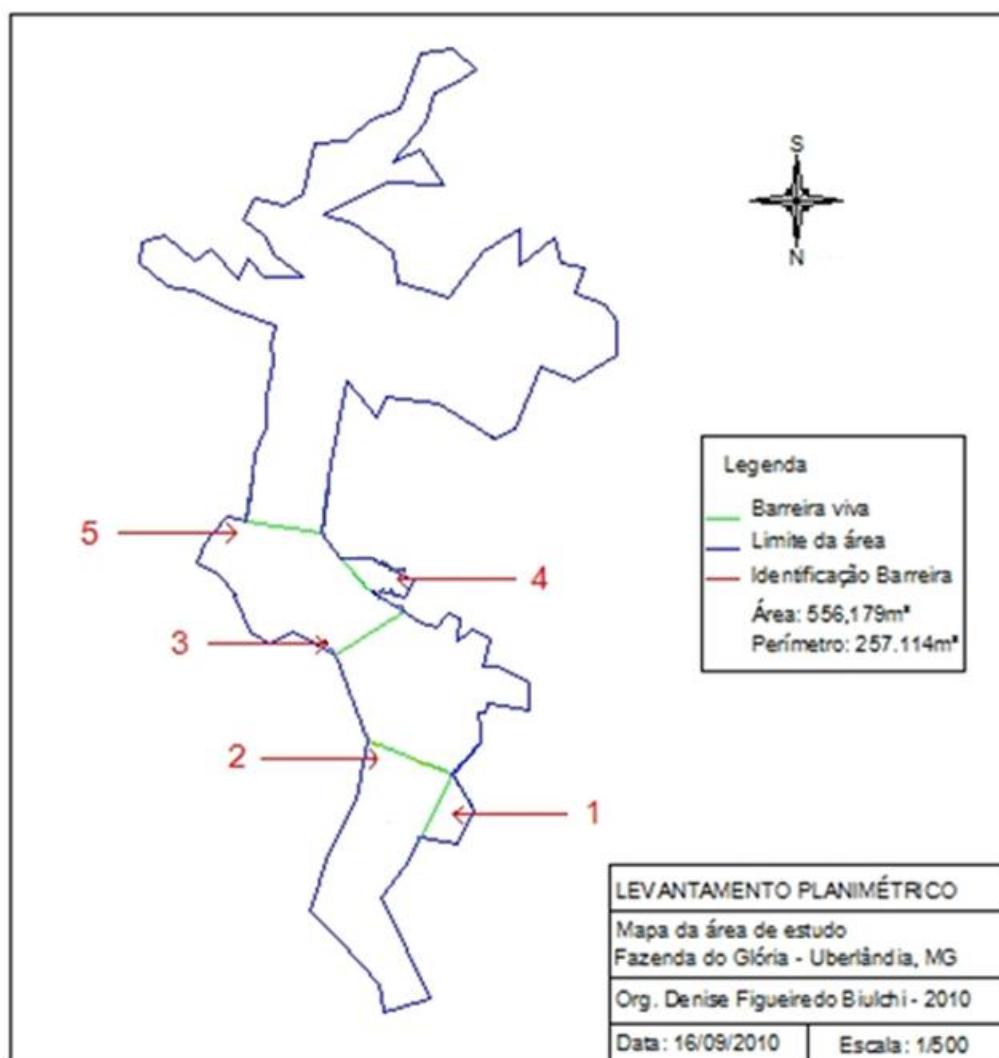


Figura 92. Distribuição esquemática das barreiras ao longo do canal.



Figura 93. Visão geral das barreiras instaladas dentro do canal em novembro de 2010.

A barreira I (Figura 94), com 4,06 metros de comprimento, recebeu 10 estacas de gliricidia com 1,1 metros de comprimento e diâmetro variando entre 5,3 cm a 9,7 cm de material de origem mais maduro. Entre as estacas de gliricidia foram dispostas 3 estacas de bambu, intercaladas, com 1,2 metros de comprimento e com aproximadamente 9 a 11 cm de diâmetro. Esta barreira foi colocada em local de grande contribuição de sedimentos, margem direita, lateral ao corpo da voçoroca. Esta área se apresenta em plena evolução e foi escolhida para evitar que o desmoronamento chegue ao canal.



Figura 94. Barreira I. A figura A mostra a barreira e sua área de abrangência com atividade erosiva, a figura B a barreira vista juzante em novembro de 2010.

A barreira II (Figura 95), com 4,12 metros de comprimento, composta por 13 estacas de gliricidia com 1,3 m de comprimento e diâmetro da estaca variando de 3,2 a 5,0 cm. Entre as estacas de gliricidia foram dispostas 3 estacas de bambu, intercaladas, com 1,2 metros de comprimento e com aproximadamente 7 a 9 cm de diâmetro.



Figura 95. Barreira II. Na figura A pode-se visualizar a barreira de montante e na figura B a juzante com os suportes de proteção e na figura C uma visão superior mostrando a distribuição das estacas de bambu e gliricidia em novembro de 2010.

A barreira III (Figura 96), com 4,83 metros de comprimento, composta por 16 estacas de gliricidia com 1,3 m de comprimento e diâmetro da estaca variando de 3,3 a 6,3 cm. Esta barreira recebeu 3 estacas de bambu intercaladas entre a gliricidia. As estacas de bambu apresentaram um comprimento de 0,7 metros e diâmetro variando de 6 a 9 cm.



Figura 96. Barreira III. Figura A vista a montante e B visão dos sacos comterra colocados a jazante em novembro de 2010.

A barreira IV (Figura 97) composta por 18 estacas de gliricidia com 60 cm de comprimento e diâmetro da estaca variando de 1,9 a 3,8 cm, estas foram distribuidas alinhadas deixando-o espaço entre as plantas em torno de 13 cm sendo colocada a jazante uma linha de sacos com terra junto ao solo. O objetivo desta barreira foi o acompanhamento do pegamento das mudas.



Figura 97. Mostra a barreira IV em novembro de 2010.

A barreira V (Figura 98), com 2,86 metros de comprimento, composta por 12 estacas de gliricidia apresentando 1,4 m de comprimento e diâmetro da estaca variando de 2,8 a 4,5 cm. Nesta barreira a gliricidia foi intercalada com 2 estacas de bambu, com 1,0 metro de comprimento e diâmetro variando de 6 a 9 cm. Esta barreira recebeu um reforço com mais uma linha de estacas de bambu de dimensões variadas de 50 a 70 cm de comprimento com o objetivo de diminuir o espaço para a passagem de sedimentos. Material resultante dos recortes (sobras das barreiras) utilizou-se ainda uma vara de bambu, disposta na horizontal junto ao solo e presa com estaquinhos de madeira para auxiliar na fixação da segunda linha do bambu colocada a montante.



Figura 98. Barreira V. Visão da barreira a montante na figura A e a jazante na figura B em novembro de 2010.

As estacas de *Gliricidia sepium* utilizadas no experimento foram retiradas de um exemplar do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) – Campus Uberaba e de algumas plantas existentes na Fazenda do Glória, as estacas de bambu foram obtidas no IFTM – Campus Uberaba.

As análises físico-químicas (textura, propriedades químicas e teores de matéria orgânica) do solo foram realizadas em três pontos dentro do canal e as amostras de solo foram coletadas a 20 e 40 cm de profundidade com o auxílio do trado holandês.

O plantio foi realizado no dia 10 de outubro de 2011, antecedendo ao período de chuvas. O preparo de solo consistiu na abertura de vala com aproximadamente 20 cm de largura e 40 de profundidade em toda a extensão da barreira. A adubação teve por base a análise da fertilidade do solo, sendo colocados 185 g de calcário dolomítico; 60 g de Termofosfato (Yoorin); 15 g de FTE Br 12 (composição: 9% Zn; 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 3,5% Fe; 0,1% Mo) e 1,3 litros de adubo orgânico de origem animal (esterco de curral curtido) por metro linear de vala, misturados ao solo retirado da vala.

A implantação da barreira iniciou com a colocação de uma parte do solo na cova e na sequência a distribuição das estacas de gliricidia intercaladas com o bambu, dispostas verticalmente. As estacas de gliricidia foram plantadas a aproximadamente 30 cm de profundidade e o bambu ficou a aproximadamente 40 cm, pois após sua colocação foram batidos para chegar mais ao fundo da cova. Todas as estacas receberam uma compactação após o plantio para melhor aderência ao solo. Para auxiliar na sustentação das barreiras, foram cortados os barrancos laterais em aproximadamente 30 cm e inseridas barras de bambu (Figura 99) na horizontal e a juzante, junto ao pé das estacas, foram distribuídos sacos de ráfia recheados com solo (Figura 98 B).

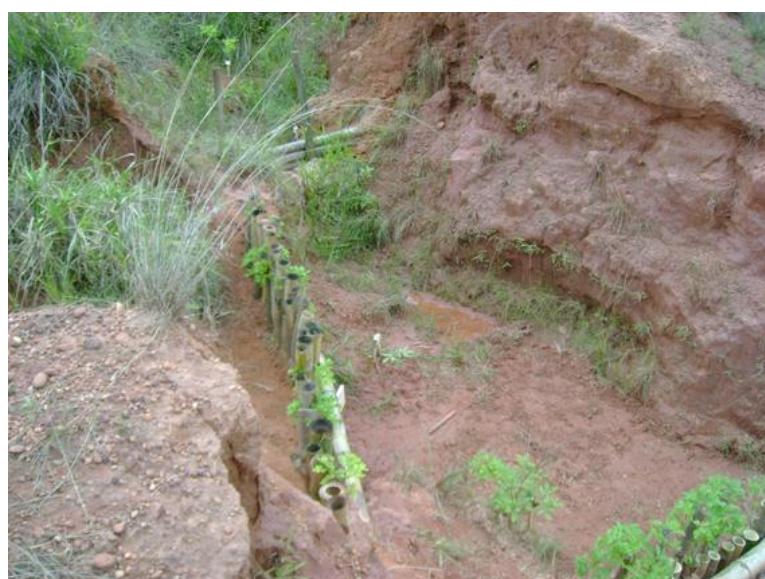


Figura 99. Vista superior da barreira I. Mostra a distribuição das peças de bambu, as estacas de gliricidia e a barra de bambu protetora em novembro de 2010.

Na barreira I (Figura 99), para auxiliar na sua sustentação apenas uma vara de bambu, na horizontal foi utilizada. Não foram realizados tratos culturais nas barreiras.

As variáveis analisadas neste ensaio foram: deposição de sedimentos, o desenvolvimento da gliricidia nas barreiras e a umidade no solo.

O acompanhamento do desenvolvimento da gliricidia nas barreiras foi realizado através do monitoramento fotográfico mensal com câmera digital. Para o monitoramento dos sedimentos foram distribuídas réguas graduadas (Figura 100), fixadas em estacas de madeira e introduzidas no solo 40 cm.



Figura 100. Instalação de réguas e vergalhões graduados para o monitoramento dos sedimentos em 01 de dezembro de 2010. A figura A mostra a instalação de réguas graduadas na barreira V.



Continuação da Figura 100... A figura B mostra os vergalhões graduados distribuídos a montante da barreira III e na figura C as réguas logo após sua instalação (zeradas) para o monitoramento dos sedimentos na barreira II.

Foram distribuidos também, de forma aleatória, a montante mais dois vergalhões graduados (Figura 100 B) deixando-se 41 cm acima do solo. O solo próximo às barreiras sofreu um nivelamento antes da instalação de réguas e vergalhões graduados. Foram

realizadas seis medições de deposição de sedimentos, sendo a primeira no dia 29 de dezembro de 2010 e a segunda após 45 dias. Na sequência mensalmente até junho de 2011.

Para a determinação da umidade, foram delimitadas três áreas dentro do canal e ao longo do corpo da voçoroca. O critério utilizado foi de acordo com a umidade aparente no solo, a área 1, a montante, início do canal e aparentemente mais seca, a área 2, mediana, apresentando umidade elevada (encharcado) e a área 3, a jusante, com umidade aparente, porém sem sinais de encharcamento. A coleta de solo para a determinação de umidade foi realizada semanalmente. Utilizou-se trado espiral para coleta a duas profundidades: 20 e 50 cm nos três pontos pré-estabelecidos. As amostras foram depositadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e devidamente identificados. A umidade foi determinada por método gravimétrico, através da razão entre peso da água contida na amostra e o peso da parte sólida, após completa secagem em estufa a 105°C. Além do monitoramento da umidade do solo os dados pluviométricos foram coletados através da estação meteorológica instalada na Universidade Federal de Uberlândia - UFU, mais especificamente na fazenda do Glória local do experimento.

Utilizou-se para análise estatística o programa SISVAR, os dados foram submetidos à ANAVA (Proc. SISVAR), aplicando-se, o teste de Scott-Knott, às médias dos tratamentos.

### **6.5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **6.5.3.1 Solo**

Os resultados da análise química do solo indicaram acidez elevada com toxidez por  $\text{Al}^{3+}$  alta, acompanhando o padrão dos solos de cerrado que apresentam pH variando entre 4,9

e 5,5. De modo geral (Tabelas 25, 26 e 27), os níveis de fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K) e cálcio (Ca), foram considerados baixos, apresentando como resultado uma soma de bases (SB) também baixa. Os teores de matéria orgânica (MO) se apresentaram muito baixo o que é compreensível pelo ambiente de degradação. O solo na área, de acordo com as análises granulométricas (Tabela 28) apresentou no geral textura franco arenosa. No ponto 1 de 0 a 20 cm de profundidade apresentou textura franca e no ponto 3 a 50 cm de profundidade a textura foi classificada como franco argilo arenosa. Na voçoroca a remoção da camada superficial do solo promove alterações nos atributos químicos e físicos do solo, trazendo grandes prejuízos quanto à reabilitação destas áreas, pois torna estes solos limitantes para o estabelecimento de vegetação.

Tabela 25. Caracterização físico-química do solo na área 1, no interior da voçoroca.

Profundida de	P	MO	pH água	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
cm	mg/dm <sup>3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>						----- mmol./dm <sup>3</sup> -----			%
0 a 20	0,1	0,2	5,1	1,5	11	0,4	0,2	3,2	0,5	3,8	16,4
21 a 40	0,4	0,2	5,4	1,2	9	0,4	0,1	2,6	0,6	3,1	16,7

Tabela 26. Caracterização físico-química do solo na área 2, no interior da voçoroca.

Profundida de	P	MO	pH água	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
cm	mg/dm <sup>3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>						----- mmol./dm <sup>3</sup> -----			%
0 a 20	0,1	0,2	5,5	1,2	6	0,5	0,2	2,1	0,7	2,8	25,4
21 a 40	0,1	0,2	5,4	1,3	5	0,5	0,2	2,9	0,7	3,6	19,7

Tabela 27. Caracterização físico-química do solo na área 3, no interior da voçoroca.

Profundida de	P	MO	pH água	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	SB	CTC	V
cm	mg/dm <sup>3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>						----- mmol./dm <sup>3</sup> -----			%
0 a 20	0,1	0,2	5,2	1,3	6	0,5	0,2	2,6	0,7	3,3	21,6
21 a 40	0,4	0,3	4,9	1,3	9	0,4	0,1	3,2	0,5	3,7	14,0

De acordo com as análises granulométricas as áreas foram classificadas como:

Tabela 28. Caracterização física das amostras do solo no interior da voçoroca nas áreas 1,2 e 3

Local da amostra	Prof.	Relações da análise física (%)			Classe textural
		Areia	Silte	Argila	
Área 1 – a montante	0 a 20 cm	49,0	33,0	18,0	Franca
	20 a 40 cm	56,0	30,0	14,0	Franco arenosa
Área 2 – mediana	0 a 20 cm	74,0	16,0	10,0	Franco arenosa
	20 a 40 cm	70,0	15,0	15,0	Franco arenosa
Área 3 – a jusante	0 a 20 cm	64,0	18,0	18,0	Franco arenosa
	20 a 40 cm	59,0	21,0	20,0	Franco argilo arenosa

### 6.5.3.2 Condições ambientais durante o experimento

Na classificação de Köppen, no município de Uberlândia, o clima é do tipo Tropical semiúmido (Cw), com temperatura média anual de 23 °C. A precipitação ocorre de forma sazonal e é possível observar existência de dois períodos distintos na figura 106: um com elevada precipitação pluviométrica, em janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro; e o outro com baixa precipitação pluviométrica em abril, maio, junho, julho, agosto e setembro.

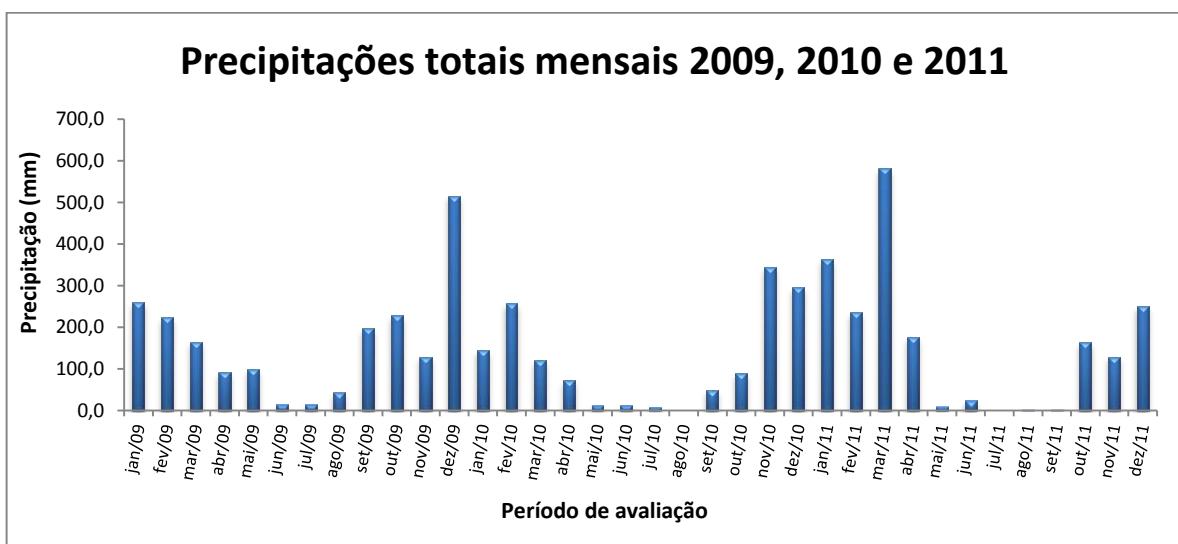


Figura 101. Gráfico do total mensal de precipitação na área da pesquisa no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2011. (Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. Organização: BIULCHI – maio de 2011).

Os resultados do monitoramento pluviométrico (Figura 101) no ano de 2010 registraram um índice total de 1358,03 mm, sendo que os meses de agosto e setembro não registraram precipitação na área de estudo e o maior índice mensal do ano foi registrado em

dezembro com 295,99 mm os maiores índices diários foram observados em 18 de fevereiro com 105,0 mm, em 21 de novembro com 86,5 mm.

Em 2011 o total de precipitação foi de 1934,1 mm, os meses de agosto e setembro registraram os menores índices totais mensais inferiores a 2 mm e no mês de julho não houve precipitação na área de estudo. O maior índice total mensal registrado foi em março com 582,3 mm e os maiores índices de precipitação diários foram registrados em 02 de janeiro com 96 mm, 26 de fevereiro com 78,3 mm e em 03 de março com 79,7 mm.

Os resultados do monitoramento pluviométrico diário, na área de estudo no período da pesquisa são apresentados na figura 102.

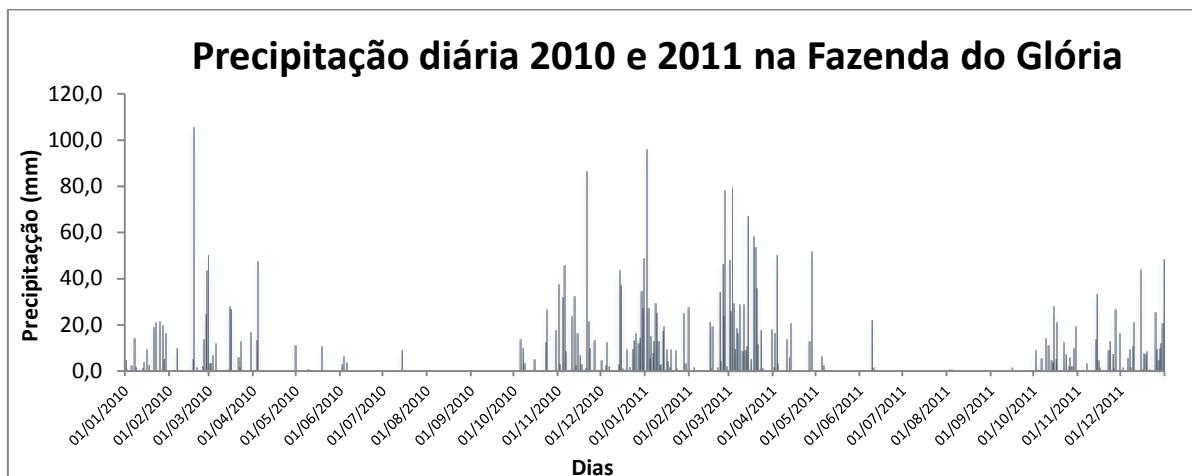


Figura 102. Gráfico diário de chuvas de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 na área da pesquisa. Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. (Organização: BIULCHI – junho de 2010).

Observa-se a irregular distribuição das chuvas no período em que foi desenvolvida a pesquisa, os maiores índices diários de chuva registrados foram no dia 19 de setembro de 2009, com 84,60 mm e no ano de 2010 no dia 18 de fevereiro com 105,52mm.

#### **6.5.3.2.1 Umidade no solo dentro do canal**

As variações de umidade do solo (Figuras 103 e 104), dentro do canal no decorrer da pesquisa (out./2010 a out./2011) apresentaram índices médios semanais que variaram a 20 cm de profundidade, de 9,22 % em outubro/2010 a 29,49 % em março/2011 e a 50 cm de profundidade, de 9,20 % em outubro/2010 a 29,47 % em abril/2011.

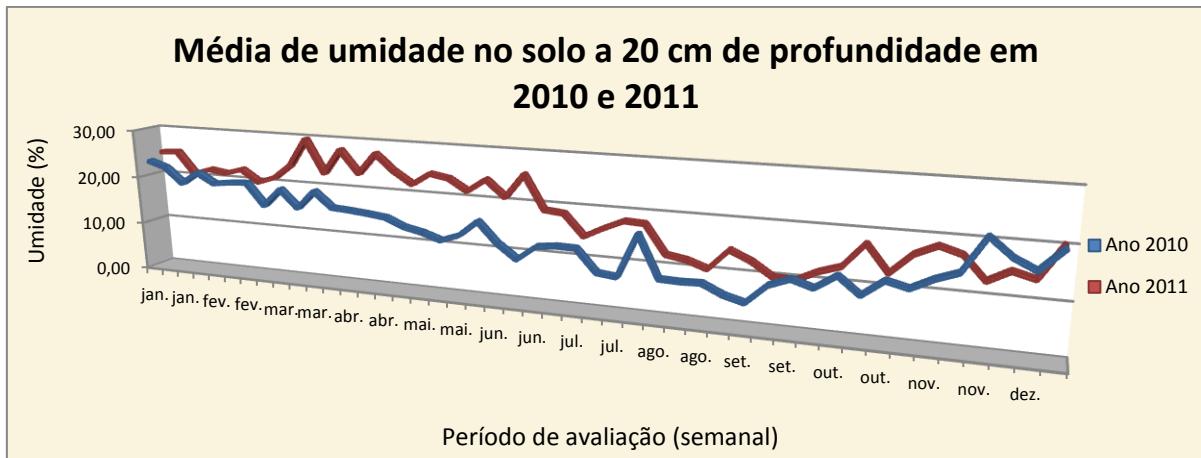


Figura 103. Gráfico de variação semanal média de umidade no solo, dentro do canal (pontos 1,2 e 3), a 20 cm de profundidade em 2010 e 2011.

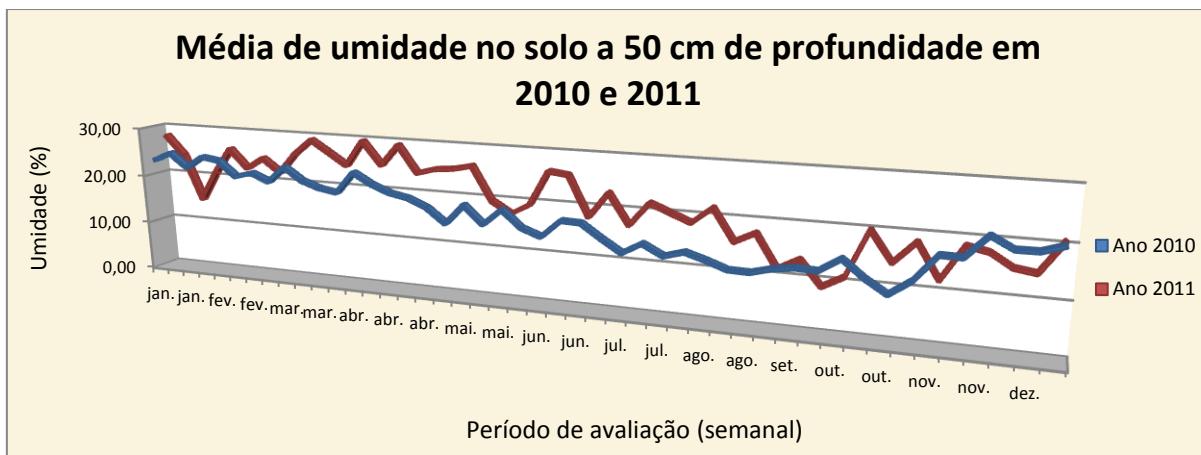


Figura 104. Gráfico de variação semanal média de umidade no solo, dentro do canal (pontos 1,2 e 3), a 50 cm de profundidade em 2010 e 2011.

As variações médias de umidade no solo (Figuras 103 e 104), dentro do canal no decorrer da pesquisa apresentaram índices semanais que variaram em 2010 a 20 cm de profundidade de 23,40% em janeiro para 5,7 % de umidade no solo em setembro. Em 2011 a maior média foi de umidade a 20 cm de profundidade dentro do canal foi de 29,49 % no mês de março e a menor média foi registada em setembro com 9,62 %. A 50 cm de profundidade, as variações médias de umidade no solo foram: 2010 com 25,00 % em janeiro e 9,65% em outubro e 2011 com 29,47 % em abril e 8,69 % em setembro.

Foram registrados índices maiores de umidade no solo em 2011 em relação a 2010 que podem ser observados nas figuras 108 e 109. Os índices pluviométricos em 2011 também

superaram aos registrados para 2010 (Figura 102) podendo-se concluir que o índice de umidade no solo dentro do canal esta diretamente relacionada à quantidade de chuva. Foi observada ainda que a umidade aparente (encharcamento) dentro do canal em 2011 foi superior a 2010.

#### **6.5.3.3 Estabelecimento e desenvolvimento da gliricidia plantada nas barreiras**

O acompanhamento do crescimento das plantas foi realizado através de observações mensais e registros fotográficos. Em avaliação realizada em 19 de novembro, 40 dias após a implantação das barreiras observou-se que as estacas de gliricidia apresentaram brotação em 95% das estacas, apresentando por estaca, um índice superior a 3 gemas expandidas em ramificações laterais (Figuras 94, 95, 96, 97 e 98). De acordo com Xavier, (2002) em muitos casos antes de ocorrer o enraizamento há o desenvolvimento das ramificações laterais, com formação de ramos jovens, à custa de reservas nutricionais armazenadas no corpo da estaca. As estacas de gliricidia da barreira I apresentaram um índice de brotação mais lento com relação às outras barreiras, o que pode ser atribuído à maturidade das estacas utilizadas.

Em 01 de dezembro observou-se o barramento da água junto às barreiras II e III e V (Figuras 105, 106 e 107) o que pode ser atribuído ao acumulado de chuva no período de 19 a 26 de novembro com um total de 132,39 mm registrados na área da pesquisa. A umidade dentro do canal se apresentou elevada com alagamento no ponto 2. No dia 02 de dezembro os índices de umidade no solo registraram: Ponto 1- 20 cm 12,16% e a 50 cm 15,40 %; Ponto 2 - 20 cm 22,17% a 50 cm 23,17% e Ponto 3 – 20 cm 20,52% a 50 cm 19,65%, sendo que no dia 30 de novembro a chuva foi de 0,44 mm e no dia 01 de dezembro de 4,58 mm.



Figura 105. Visão da barreira II mostrando o acúmulo de água a montante. Figura A visão geral e B água acumulada junto a barreira em dezembro de 2010.



Figura 106. Visão da barreira III mostrando o acúmulo de água a montante. Figura A água acumulada junto à barreira e B visão geral em dezembro de 2010.

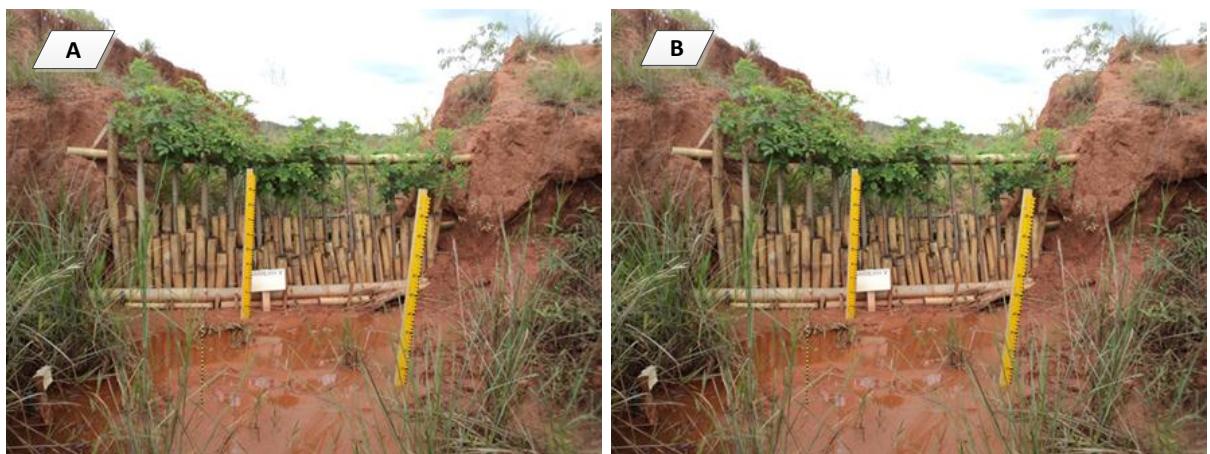


Figura 107. Visão da barreira V mostrando o acúmulo de água a montante. Figuras A e B visão do solo alagado em dezembro de 2010.

Em 30 de dezembro na barreira I ocorreu a formação de um sulco erosivo no solo (Figura 108 A) em consequência das chuvas dos dias anteriores. Para estabilizar o processo, foram colocadas no sulco retalhos de bambu (Figura 108 B) fazendo o nivelamento do solo e uma leve compactação junto ao bambu.



Figura 108. Visão da barreira I em 30 de dezembro de 2010. A figura A mostra a formação de processo erosivo no solo e a figura B a colocação de retalhos de bambu no local de erosão.

Em fevereiro observou-se que as estacas de gliricidia, nas barreiras II e III, apresentaram perda das folhas, o que pode ser atribuído ao acúmulo de água junto às barreiras. Segundo Krizek (1992) citado por Silva e Parfitt (2004), a água em excesso no solo produz efeitos anatômicos e morfológicos nas plantas que podem incluir a redução da elongação, clorose, abscisão das folhas, murchamento e enrolamento de folhas, declínio da taxa de crescimento e até a senescênciа.

Para facilitar a drenagem da água nas barreiras II e III foi substituído um saco de terra em cada barreira por outro recheado com seixos rolados. Na barreira III, que apresentava maior quantidade de água retida, foi feito um dreno com o auxílio de enxada, de aproximadamente 15 cm de profundidade até a barreira V (Figura 109 A e B). Nos início do dreno, próximo à barreira III (Figura 109 A), foi disposto retalhos de bambu no seu interior para auxiliar na drenagem da água. Krizek (1992) citado por Silva e Parfitt (2004), destaca que o crescimento das raízes também é afetado pelo encharcamento do solo, a elongação é

retardada e a formação de raízes secundárias é inibida sob inundação prolongada podendo ocorrer ainda a morte das raízes.

O excesso de água no solo teve efeito mais acentuado nas barreiras II e III onde se pode observar que a gliricidia apresentou sintomas de murchamento e perda das folhas no período em que o solo apresentava-se com água acumulada.

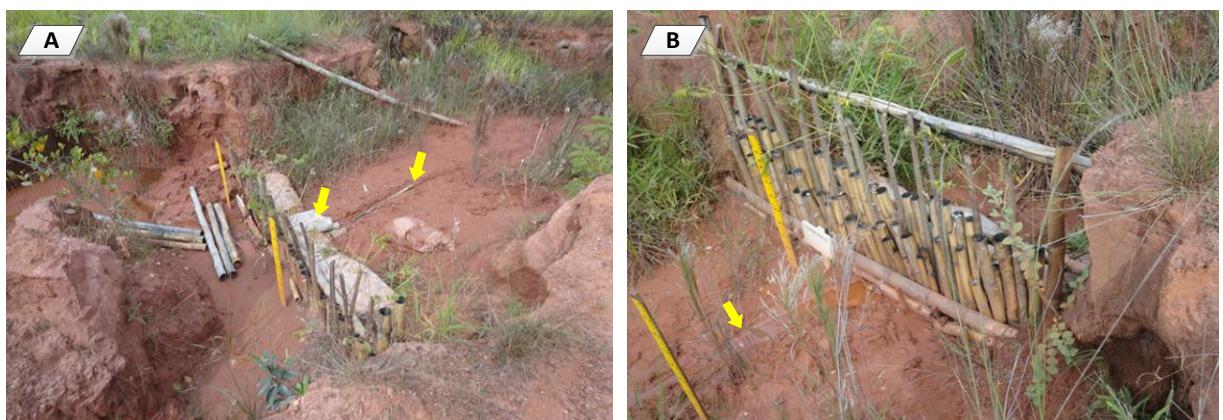


Figura 109. Visão das barreiras III e V em fevereiro de 2011. A figura A mostra os procedimentos para facilitar a drenagem da água da barreira III (saco com cascalho e dreno) e a figura B mostra o dreno chegando à barreira V.

No mês de março foi possível observar que as estacas de gliricidia apresentaram perda parcial de folhas em todas as barreiras, com algumas estacas apresentando novas brotações. Em julho as estacas de gliricidia apresentaram perda de folhas em todas as barreiras, que é característico da espécie por ser caducifólia.

Na última avaliação, feita nas barreiras em 07 de outubro de 2011, um ano após o plantio, pode-se constatar que a gliricidia apresentou um pegamento de 71,02 % para o total de estacas plantadas (Tabela 29), pois neste período as estacas se encontravam folhadas (Figura 110), resultado da rebrota após período de dormência.

Tabela 29. Porcentagem de sobrevivência das estacas de *Gliricidia sepium* plantadas nas barreiras um ano após o plantio.

	Nº de estacas plantadas nas barreiras	Nº de estacas mortas em 07/10/2011	Porcentagem de estacas mortas
Barreira I	10	2	20 %
Barreira II	13	4	30,76 %
Barreira III	16	7	43,75 %
Barreira IV	18	5	27,77 %
Barreira V	12	2	16,66 %
Total de estacas	69	20	28,98 %



Figura 110. Visão das barreiras em 07 de outubro de 2011. A figura A mostra a barreira II e a B a barreira III a jusante. Na figura C visão da barreira V a montante.



Figura 111. Visão geral da área de pesquisa em 07 de outubro de 2011. Pode-se observar que o solo não apresenta umidade aparente no interior da voçoroca e que a vegetação esta se estabelecendo apenas nas laterais próximo aos barrancos.

Pode-se observar que um ano após o plantio as barreiras II e III apresentaram os maiores percentuais de mortalidade de estacas de gliricidia, com 30,73 % e 43,75 % respectivamente (Tabela 29) o que pode ser atribuído ao excesso de água (alagamento) nestas barreiras que no decorrer do ano. Na figura 111 em 07 de outubro de 2011, um ano após o plantio, observa-se uma visão geral das barreiras de jusante, iniciando na barreira V, a que apresentou menos percentual de morte de gliricidia um ano após o plantio.

#### **6.5.3.4 Função das barreiras na retenção de sedimentos**

No período das chuvas observou-se acúmulo de água dentro do canal e a deposição de sedimentos na área de estudo o que demonstra a efetividade das barreiras.

As barreiras mostraram-se eficientes na dissipação de energia com a redução da força da água, na retenção da água superficial possibilitando uma maior infiltração no solo e como consequência do armazenamento da água e da redução da força da enxurrada tem a deposição do material que estava sendo erodido, com sua permanência dentro do canal, a montante das barreiras. A deposição das partículas de solo dentro da voçoroca é de grande importância quando se pretende o estabelecimento de vegetação dentro do canal.

#### **6.5.3.5 Deposição de sedimentos**

De acordo com o cronograma estabelecido foram feitas 6 avaliações mensais com a primeira em 29 de dezembro/2010 e a última no dia 20 de junho de 2011 com o monitoramento da quantidade de sedimentos retidos em cada barreira. No total, foram distribuídos 18 pontos para monitoramento de retenção de sedimentos (Figura 112), com a colocação de 10 réguas e 8 barras graduadas distribuídas em cinco barreiras. Pode-se observar

que a deposição de sedimentos nos dois primeiros meses de avaliação foi baixa apresentando uma média geral de todas as barreiras de 2,17 cm em dezembro e 4,67 cm em fevereiro. No período de 11 de fevereiro a 16 de março observou-se um aumento significativo na quantidade de sedimentos retidos em todas as barreiras, apresentando uma média geral de 11,52 cm de altura.

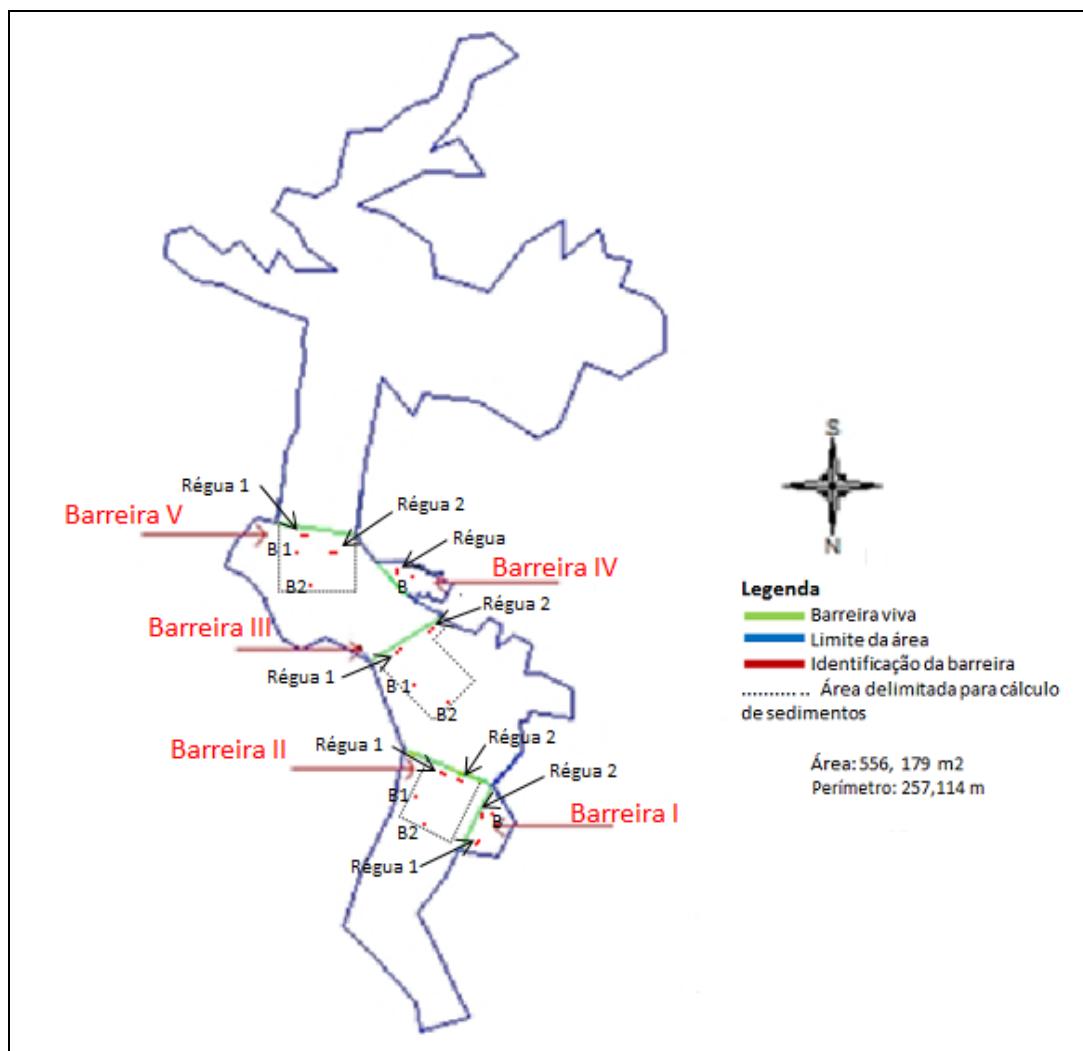


Figura 112. Croqui da área da pesquisa mostrando a distribuição espacial, marcado em vermelho, das réguas e barras graduadas nas cinco barreiras.

Tabela 30. Quantidade de sedimento retido em cinco barreiras por ponto de avaliação

		Pontos de avaliação	Data das avaliações/ sedimentos retidos em cm					
			29/12/10	10/2/11	16/3/11	15/4/11	18/5/11	20/6/11
<b>BARREIRA I</b>	1	Régua graduada à esquerda	2	2	15	16	16	16,5
	2	Régua graduada à direita	2	2	13	14	14	16
	3	Barra graduada 1 esquerda	1,5	3	11	10	10	12
<b>BARREIRA II</b>	1	Régua graduada à esquerda	3,5	4	15	16	18	17
	2	Régua graduada à direita	1,5	3	14	14	14	14
	3	Barra graduada 1 a montante	0	3	16	15	16	17
	4	Barra graduada 2 a montante	1,5	4	13	12	12	13
<b>BARREIRA III</b>	1	Régua graduada à esquerda	2	6	11	11	10	10
	2	Régua graduada à direita	2	3,5	5	6	6	6
	3	Barra graduada 1 a montante	3	5	16	15	15	14
	4	Barra graduada 2 a montante	3	11	5	17	18	17
<b>BARREIRA IV</b>	1	Régua graduada	3	4	6	6	7	6
	2	Barra graduada	4	7	9	9	12	11
<b>BARREIRA V</b>	1	Régua graduada à esquerda	1	2	8	11	11	10
	2	Régua graduada à direita	1,5	6	13	15	14	13,5
	3	Barra graduada 1 a montante	3	7	13	15	16	15
	4	Barra graduada 2 a montante	2,5	7	13	15	15	15

Nardin et al., 2010 ao avaliarem os sedimentos coletados em cinco paliçadas na área da pesquisa, observaram através da análise granulométrica que o material predominante é composto por areia fina com uma média de 48,9 %, e os valores médios encontrados de argila e silte foram de 16,45% e 4,5%, respectivamente o que demonstra a suscetibilidade desta área à processos erosivos.

A implantação de barreiras vivas de gliricidia intercaladas com bambu mostrou-se eficiente na contenção de sedimentos avaliados após um período chuvoso (Tabelas 30 e 31). A tabela 30 mostra o nível de sedimento retido nos pontos de monitoramento junto à barreira

e a montante da mesma e na tabela 31 a média de sedimentos retidos por área de abrangência da barreira.

Tabela 31. Média de sedimentos retidos por barreira em 20 de junho após uma estação chuvosa.

Identificação das Barreiras	Nº de pontos de avaliação	Sedimentos em cm
<b>Barreira I</b>	3	14,83
<b>Barreira II</b>	4	15,25
<b>Barreira III</b>	4	11,75
<b>Barreira IV</b>	2	8,5
<b>Barreira V</b>	4	13,37

Na barreira I, a quantidade média de sedimentos registradas em junho de 2011 foi de 14,83 cm, no entanto, como é um local onde a erosão está em plena evolução com solapamentos das margens do canal provocando a queda de blocos e torrões, este material não foi computado nas réguas e barras graduadas (Figura 113).



Figura 113. Área a montante na barreira I mostrando a queda de blocos e torrões provenientes da margem direita do canal em março de 2011.

A barreira II registrou maiores quantidades de sedimentos retidos com média de 15,25 cm em quatro pontos distribuídos a montante da barreira. No inicio de janeiro/2011, na barreira II, observou-se valores negativos para a régua da esquerda (Figura 114), que pode ser atribuído a uma enxurrada que deslocou os sedimentos por erosão. Foram registrados nos dias 2 e 3 de janeiro um índice de precipitação de 82,56 mm e 23,37 respectivamente na área da pesquisa.



Figura 114. Vista da barreira II em 29 de dezembro de 2010. A figura A mostra as duas réguas de monitoramento e a perda de solo por processo erosivo à esquerda. Na figura B imagem ampliada da régua esquerda.

Na barreira III a média de sedimentos retidos entre os quatro pontos de monitoramento foi de 11,75 cm em junho de 2011. Esta barreira apresentou rompimento na lateral esquerda em março de 2011 (Figura 115). Os sedimentos retidos na barreira IV chegaram o nível dos sacos de terra, pois não foram utilizados bambus nesta barreira.



Figura 115. Vista da barreira III em março de 2011 mostrando solapamento da margem esquerda, no ponto de inserção da barreira.

Os pontos de monitoramento a montante da barreira V apresentaram maior deposição de sedimento nas barras graduadas mais distantes da barreira com 15 cm de sedimentos em cada e na régua mais próxima a barreira os sedimentos retidos registraram 10 cm.

Trabalhando com estruturas diversas para conter processo erosivo em canais secundários próximos a área deste estudo, Serato et al., (2008) encontram resultados semelhantes. Com o uso de paliçadas de bambu, Nardin et al., (2010), após dois períodos chuvosos (2009 e 2010) obtiveram resultados bem próximos aos encontrados nesta pesquisa. Registraram uma altura de 32 cm de sedimentos depositado na barreira 1 e 35,50 cm na barreira 2 em canal inserido dentro de nossa área de pesquisa.

Com a distribuição de mais de um elemento para o monitoramento dos sedimentos optou-se por fazer uma análise quantitativa aproximada dos sedimentos retidos nas barreiras II, III e V com a demarcação e medição destas áreas.

Foram demarcadas as áreas com a colocação de estacas e barbante, a partir das barreiras e abrangendo todos os pontos de monitoramento (régulas e barras graduadas), fazendo sua medição com trena de acordo com a (Figura 116).

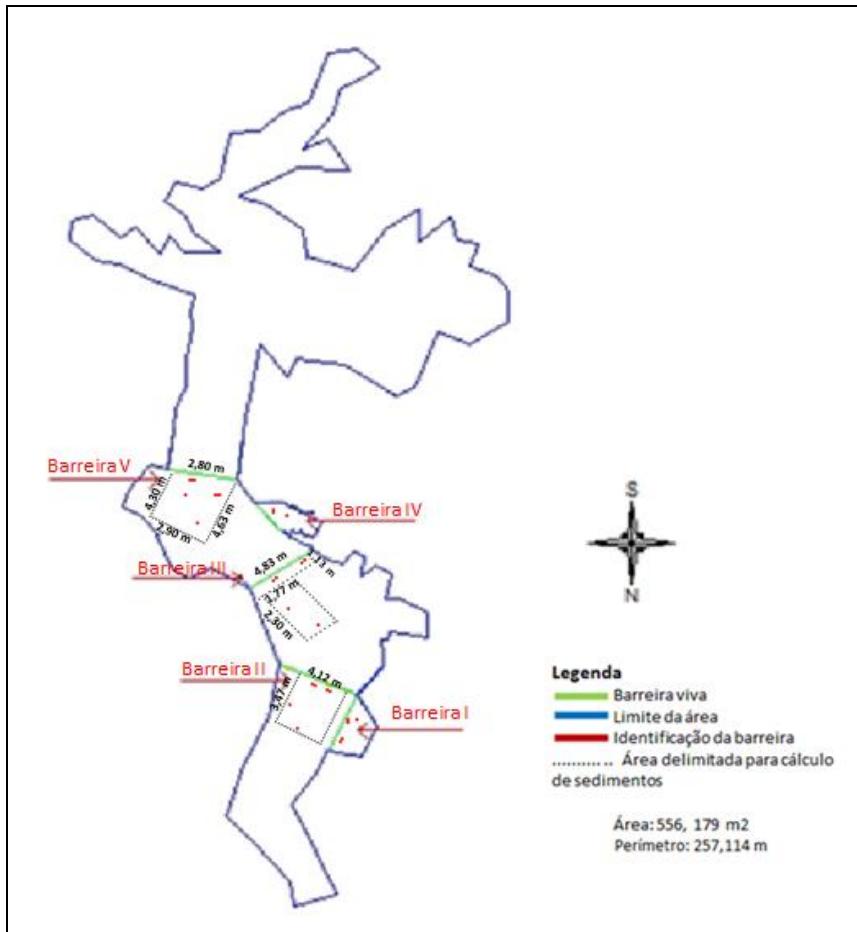


Figura 116. Croqui da voçoroca, com demarcação da área para cálculo de sedimentos no pontilhado em preto (sem escala) e mostrando em vermelho os pontos de monitoramento de sedimentos.

O volume dos sedimentos retidos na área demarcada foi calculado por meio da seguinte operação:

$$V = Ab \times hm$$

Onde:

V = Volume

Ab = Área de base

hm = altura média

VT = Volume total

$$Ab = lado \times lado (m^2)$$

$$hm = \frac{(h1 + h2 + h3 + h4)}{4}$$

## Barreira II

$$hm = \frac{(0,17 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,17 \text{ m} + 0,13 \text{ m})}{4} = 0,1525 \text{ m}$$

$$Ab = 4,12 \text{ m} \times 3,47 \text{ m} = 14,2964 \text{ m}^2$$

$$V = 14,2964 \text{ m}^2 \times 0,1525 \text{ m} = 2,18 \text{ m}^3$$

### **Barreira III**

$$hm = \frac{(0,10 \text{ m} + 0,06 \text{ m} + 0,14 \text{ m} + 0,17 \text{ m})}{4} = 0,1175 \text{ m}$$

Área 1

$$hm = \frac{(0,10 \text{ m} + 0,06 \text{ m})}{2} = 0,08 \text{ m}$$

$$Ab = 1,13 \text{ m} \times 4,83 \text{ m} = 5,4579 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 5,4579 \text{ m}^2 \times 0,08 \text{ m} = 0,4366 \text{ m}^3$$

Área 2

$$hm = \frac{(0,14 \text{ m} + 0,17 \text{ m})}{2} = 0,155$$

$$Ab = 1,77 \text{ m} \times 2,30 \text{ m} = 4,071 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 4,071 \text{ m}^2 \times 0,155 = 0,6310 \text{ m}^3$$

$$VT = V_1 + V_2 = 0,4366 \text{ m}^3 + 0,6310 \text{ m}^3 = 1,0676 \text{ m}^3$$

### **Barreira V**

$$hm = \frac{(0,10 \text{ m} + 0,135 \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,15 \text{ m})}{4} = 0,1337 \text{ m}$$

$$Ab = 2,85 \text{ m} \times 4,465 \text{ m} = 12,7252 \text{ m}^2$$

$$V = 12,7252 \text{ m}^2 \times 0,1337 \text{ m} = 1,7013 \text{ m}^3$$

O volume de deposição de sedimentos na área demarcada (barreiras II, III e V) com  $36,55 \text{ m}^2$  de área total, foi de aproximadamente  $4,94 \text{ m}^3$  no decorrer de um período chuvoso. Estes dados simples nos dão a noção do volume de material erodido dentro de uma voçoroca ativa.

#### 6.5.3.5.1 Evolução da taxa de sedimentos retidos por barreira.

A barreira I teve uma taxa de sedimentos baixa nos dois primeiros meses de avaliação, apresentando na avaliação de março um acréscimo significativo (Figura 117). Embora este período seja de chuvas na segunda quinzena de fevereiro e primeira de março a precipitação registrou um total acumulado de 639,9 mm, que pode ter contribuído de forma significativa no aumento dos processos erosivos. A mesma situação pode ser visualizada na barreira II (Figura 118) sendo que nos demais meses a quantidade de sedimentos retida apresentou certa uniformidade sem grandes variações.

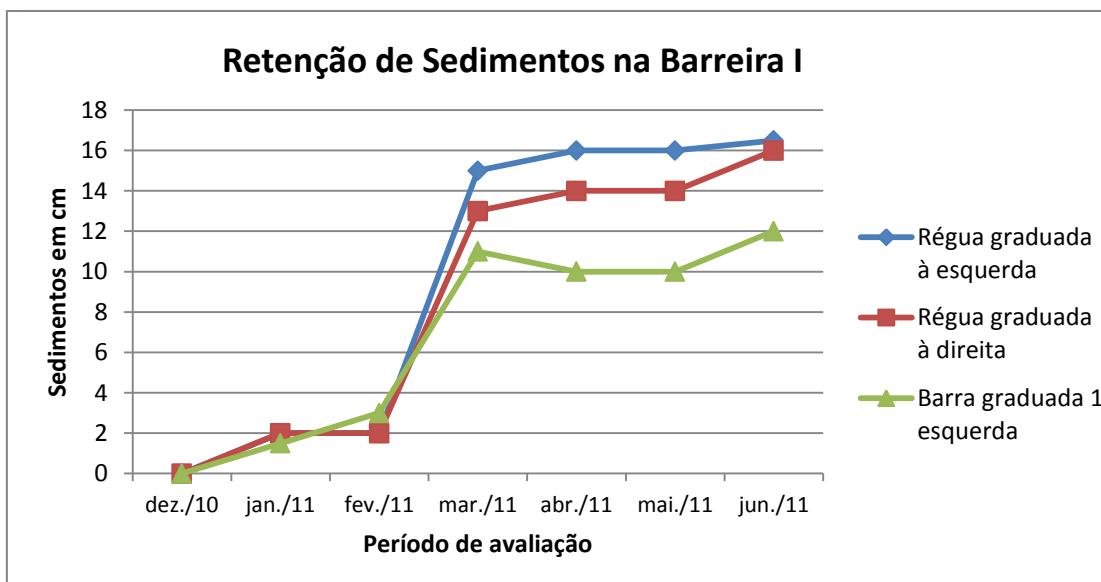


Figura 117. Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira I, em uma estação chuvosa, avaliado em 3 pontos.

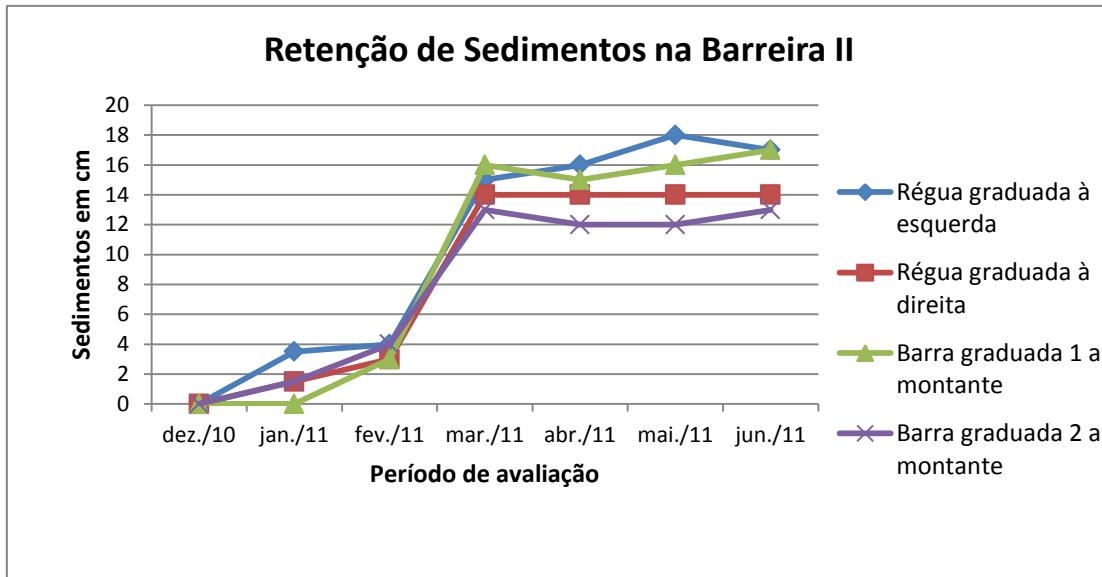


Figura 118. Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira II, em uma estação chuvosa, avaliado em quatro pontos.

Os dados observados na barreira III demonstram que a dinâmica erosiva tem relação direta com a precipitação, pois se pode observar que no ponto 4 (barra graduada 2) houve retirada de sedimentos no período que registrou 639,9 mm de chuva e um acúmulo significativo no ponto 3 (barra graduada 1) que pode ter sido originada do solapamento do barranco junto a barreira (Figura 119).

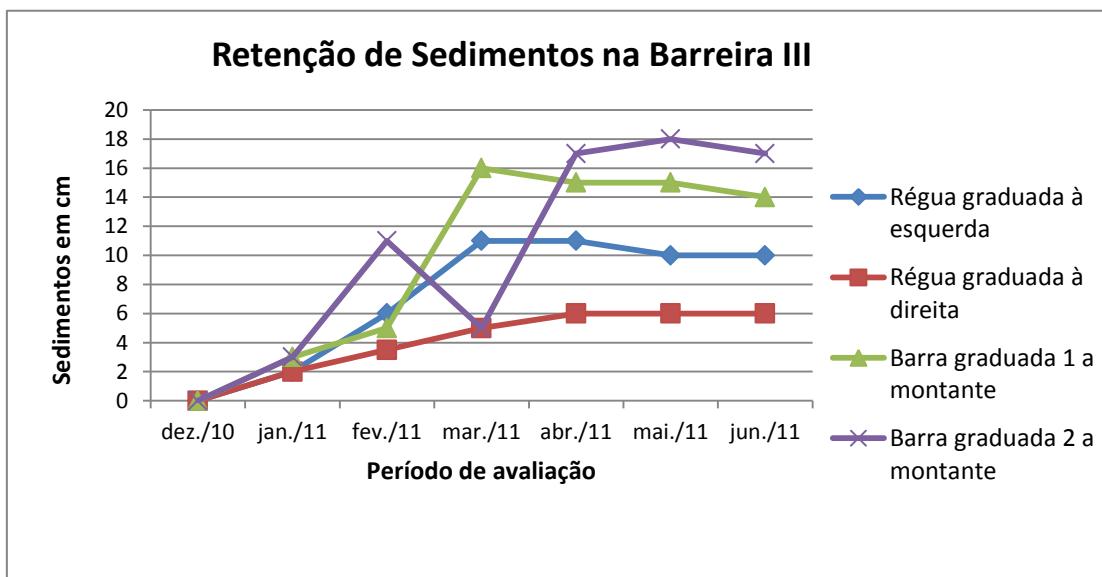


Figura 119. Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira III, em uma estação chuvosa, avaliado em quatro pontos.

A deposição de sedimentos na barreira IV, que pode ser observada na figura 120, ocorreu de forma constante e crescente até maio apresentando certa uniformidade nos dois pontos. Na última medição em junho observou-se um pequeno decréscimo, no entanto os sedimentos se apresentaram ao nível dos sacos com terra colocados inicialmente que é a capacidade máxima de retenção nesta barreira (Figura 121).

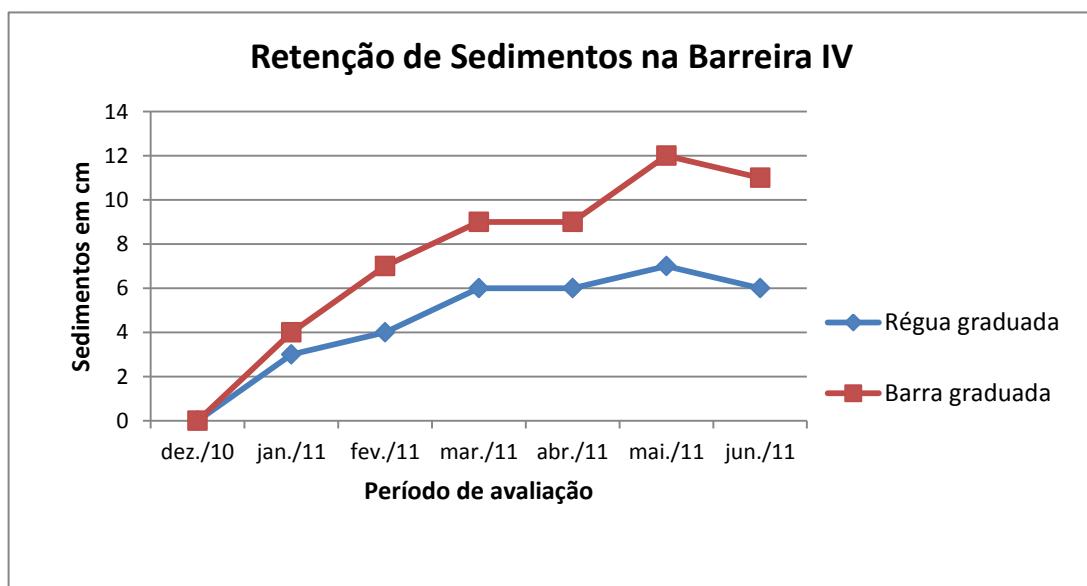


Figura 120. Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira IV, em uma estação chuvosa, avaliado em dois pontos.

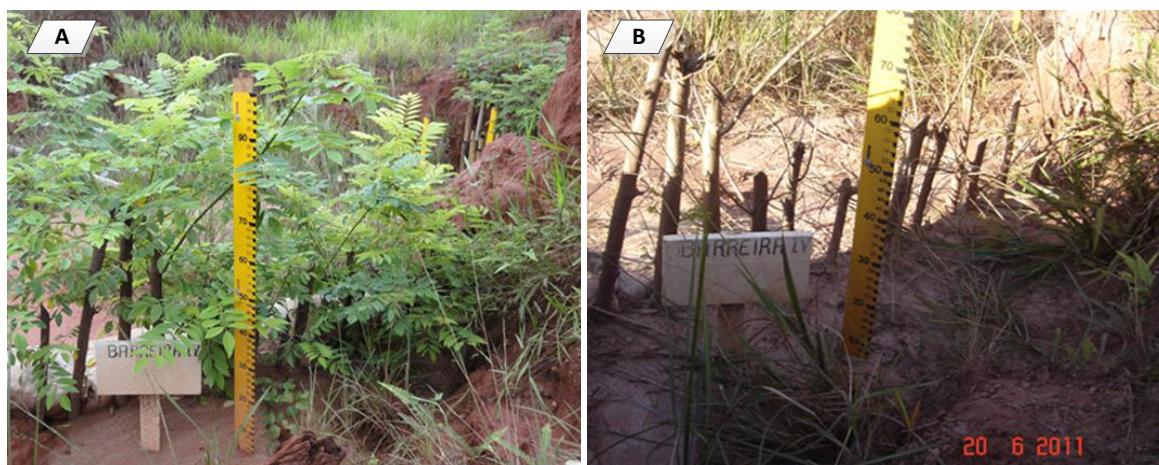


Figura 121. Imagem da barreira IV mostrando a evolução na deposição de sedimentos. A figura A mostra a barreira em 29 de dezembro de 2010 com os sacos de proteção a jusante e na figura B, em 20 de junho de 2011 observa-se que os sedimentos elevaram o nível do solo cobrindo totalmente os sacos de proteção colocados à direita.

Na barreira V o ponto 1 de monitoramento (réguas esquerda) apresentou menor taxa de deposição de sedimentos entre os pontos avaliados (Figuras 122 e 123) que pode estar relacionada a sua posição mais próxima e centralizada na barreira, local do escoamento da água. Nos pontos 2 e 3 apresentou um pequeno decréscimo na altura de sedimentos se comparado a medição anterior e no ponto 4 se manteve.

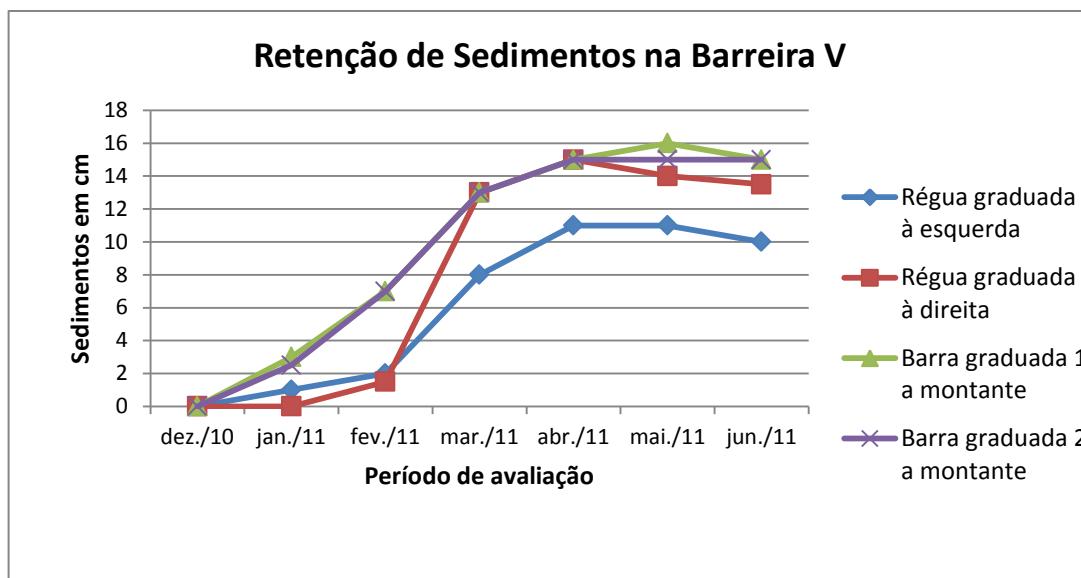


Figura 122. Gráfico da quantidade de sedimento retido na barreira V, em uma estação chuvosa, avaliado em quatro pontos.



Figura 123. Barreira V. Nesta imagem é possível observar que parte dos sedimentos está ficando retida após a evaporação e infiltração da água da chuva.

As intervenções na voçoroca, caracterizadas pela instalação de cinco barreiras vivas, monitoradas por 12 meses, promoveram a retenção de sedimentos mantendo parte do material erodido dentro do canal. O uso integrado de elementos vivos e elementos inertes podem minimizar os custos de projetos para recuperação de áreas degradadas além de fomentar processos ecológicos (DURLO & SUTILI, 2005; SANGALLI E VALENZUELA, 2008; SUTILI, 2007).

Barbosa e Diniz, (2010) utilizaram barreiras de bambu (*Bambusa multiplex*) para a estabilização de ravina, formada pelo escorregamento acidental, na escarpa sul da Serra da Mantiqueira. Os resultados foram satisfatórios com a escolha da espécie vegetal e segundo os autores proporcionou a estabilização das erosões provocadas pelo acidente ambiental e, pode ser considerado um método eficiente para contenção de processos erosivos. Durlo e Sutili, (2005) destacam que com pequenas intervenções físicas no canal, que podem ser realizadas com medidas vegetativas, podem-se alterar determinadas características resolvendo ou minimizando problemas. Para Vianna et al., (2007) o uso de técnicas mecânicas e vegetativas tem como finalidade a diminuição do escoamento superficial, facilitar a infiltração da água e consequentemente barrar os sedimentos.

A escolha da *Gliricidia sepium* como espécie vegetal para formação de barreira viva (intercalada com bambu), capaz de diminuir a força e velocidade das águas superficiais atuou como um fator mecânico e vegetativo, diminuindo a velocidade da água pela redução da energia cinética do deflúvio e auxiliou na estabilização dos processos erosivos.

## 6.5.4 CONCLUSÕES

A medida física de baixo custo, fundamentada em conceitos de bioengenharia mostrou-se eficiente na dissipação de energia com a redução da força da água e na contenção de sedimentos avaliados em uma estação chuvosa. Com a retenção de sedimentos o nível de base do canal aumenta tornando a inclinação mais suave e como consequência o fluxo de água se torna mais lento e com menor potencial erosivo.

O volume registrado de deposição de sedimentos em 36,55 m<sup>2</sup> de área, no período de uma estação chuvosa, foi de aproximadamente 4,94 m<sup>3</sup>.

Um ano após a implantação das barreiras a *gliricidia* apresentou um pegamento de 71,02 % para o total de estacas plantadas, no entanto nas barreiras II e III o índice de mortalidade foi de 30,73 % e 43,75 % respectivamente, o que pode ser atribuído ao período mais longo de água junto às barreiras impedindo a formação de raízes.

A metodologia utilizada para avaliar a retenção de sedimentos, a montante das barreiras foi satisfatória, pois oportunizou um cálculo aproximado do volume de sedimentos retidos por barreira.

O uso da *Gliricidia sepium* intercalada com bambu se apresentou como uma possibilidade viável de barreira viva para uso em voçoroca com lençol aflorado.

## 7. RESULTADOS GERAIS DA PESQUISA

Áreas erodidas devido a causas naturais ou pela ação antrópica são constantes em nossa realidade, sendo a sua estabilização e/ou recuperação necessária para a preservação ambiental. Algumas técnicas de natureza biológica e de fácil implementação podem ser utilizadas por pequenos agricultores que não dispõe de recursos para altos investimentos. Neste contexto é necessária a pesquisa onde se possa investigar a disponibilidade e aplicabilidade de técnicas e materiais construtivos bem como o potencial biotécnico destas espécies vegetais e sua adaptação a ambientes degradados, áreas alagadas, voçorocas com lençol aflorado etc.

O presente trabalho procurou investigar em situação prática de campo a capacidade de adaptação de uma espécie exótica *Gliricidia sepium* para utilização em técnica que se fundamenta em conceitos de bioengenharia na estabilização e recuperação de voçorocas e avaliar o uso de quatro espécies nativas para recuperação de voçoroca através da revegetação.

Os ensaios de campo foram divididos em cinco etapas e os resultados iniciais desta pesquisa são relatados a seguir:

- A média anual de precipitação dos últimos 12 anos (2000 a 2011), na área da pesquisa foi de 1745,89 mm;

- A umidade no solo dentro do canal acompanha o regime das chuvas, porém no interior da voçoroca permanece alto mesmo após o período chuvoso;
- Os meses de outubro a março foram os que apresentaram os maiores índices de precipitação nos últimos oito anos, na área da pesquisa;
- Na área de estudo a água no solo é regulada pelos índices pluviométricos que regulam a água subsuperficial que exuda na área da pesquisa;
- A espécie leguminosa exótica *Gliricidia sepium* apresentou boa capacidade de adaptação às condições de Cerrado no Triângulo Mineiro;
- Dentro da voçoroca com variação média anual de umidade no solo de 14 % a 25% a *Gliricidia sepium* apresentou incremento mediano geral superior, ao ser comparada a espécie plantada em área de cerrado;
- A *Gliricidia sepium* apresentou grande capacidade de rebrota, independente da época do ano, em condições de umidade no solo e mostrou-se promissora para recuperação de voçorocas com índices de umidade no solo variando de 10% a 30% no decorrer do ano;
- Mudas de *Gliricidia sepium* produzidas de forma sexuada ou por estaquia apresentaram bom estabelecimento inicial quando plantadas no interior de voçoroca que apresenta lençol aflorado e solo (substrato) pouco estruturado com pouco ou nenhum solo natural.
- As mudas de *Gliricidia sepium* produzidas por estaca demonstraram boa capacidade de adaptação as condições adversas do interior da voçoroca ativa que apresenta deficiências físicas e químicas de solo e lençol aflorado parte do ano, completando seu ciclo de vida com a produção de flores e frutos em duas ocasiões em um período de apenas 3 anos;

- Após um ano as estacas de *Gliricidia sepium* plantadas nas barreiras apresentaram índice de pegamento de 71,02 % para o total de estacas plantadas. Após análise, a mortalidade foi atribuída ao alto índice de umidade, com alagamento superior a 15 dias em alguns pontos das barreiras.
- As espécies nativas (Pombeiro) e *Croton floribundus* (Capixingui) não apresentaram, neste estudo, desenvolvimento inicial que indicasse eficiência na recuperação de áreas degradadas, em plantio dentro de voçoroca ativa que apresenta deficiências físicas e químicas de solo e lençol aflorado parte do ano.
- As espécies nativas (Ingá) *Ingá uruguensis* e (Mulungu) *Erythrina mulungu* apresentaram bom estabelecimento inicial, respondendo de forma positiva as condições ambientais de baixa oxigenação em determinados períodos e a baixa fertilidade do solo podendo ser recomendadas para recuperação de áreas degradadas no interior de voçorocas que apresentam lençol aflorado;
- As intervenções na voçoroca, caracterizadas pela instalação de cinco barreiras vivas, monitoradas por 12 meses, promoveram a retenção de sedimentos mantendo parte do material erodido dentro do canal.
- A medida física de baixo custo, fundamentada em conceitos de bioengenharia mostrou-se eficiente na dissipação de energia com a redução da força da água e na contenção de sedimentos avaliados em uma estação chuvosa, onde o volume registrado de deposição de sedimentos em 36,55 m<sup>2</sup> de área, no período de uma estação chuvosa, foi de aproximadamente 4,94 m<sup>3</sup>.
- A metodologia utilizada para avaliar a retenção de sedimentos, a montante das barreiras foi satisfatória, pois oportunizou um cálculo aproximado do volume de sedimentos retidos por barreira.

- O uso da *Gliricidia sepium* intercalada com bambu se apresentou como uma possibilidade viável de barreira viva para uso em voçoroca com lençol aflorado.

## 7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No andamento da pesquisa buscou-se avaliar o potencial do uso de medidas de baixo custo para estabilizar e/ou recuperar áreas voçorocadas, no entanto é importante salientar que estas devem ser consorciadas com outras técnicas e práticas conservacionistas de controle á erosão.

Durante o período de estudo pode-se constatar que a voçoroca continua ativa e seu desenvolvimento ocorre mesmo nos meses de seca, porém em menor escala. A chuva é o principal fator desencadeador do crescimento da voçoroca, onde foi possível observar alcovas de regressão e movimento de massa, principalmente queda de blocos nas paredes laterais da direita, na área de estudo.

A escolha de espécies vegetais para a conservação de solo e recuperação de áreas degradadas é de fundamental importância, pois dependem das condições ambientais onde serão introduzidos, assim torna-se importante mais estudo de espécies vegetais com capacidade de estabelecimento em condições adversas.

Os resultados obtidos são parciais e devem ser vistos com cautela, pois o tempo destinado à pesquisa com a utilização de espécies arbóreas é insuficiente para a obtenção de uma resposta definitiva.

Neste trabalho, em voçoroca com lençol aflorado, observou-se a necessidade da construção de drenos, no sentido do fluxo da água, para facilitar o estabelecimento das mudas nas barreiras.

Após 18 meses da implantação das barreiras foi possível observar que houve um povoamento com espécies herbáceas de ambiente úmido, no interior do canal que pode ser atribuído a implantação de barreiras. A expectativa é que a *Gliricidia sepium*, estabelecida nas barreiras atue na recuperação do solo através do aporte de serapilheira, propiciando a regeneração desta área com espécies nativas de seu entorno.

Chegando ao final deste trabalho entende-se que a pesquisa é fundamental para dar embasamento as técnicas e práticas recomendadas, no entanto são muitas as questões que ainda devem ser respondidas, assim este trabalho não se encerra aqui, mas constitui o ponto inicial de estudo.

Entende-se ainda que os processos erosivos apresentem grande complexidade, não tendo sua origem ligada a apenas um fenômeno natural ou antrópico, mas sim a uma gama de condicionantes como: tipo de solo, cobertura vegetal, quantidade e intensidade das chuvas e a morfologia.

Assim, estes estudos devem continuar principalmente pela complexidade do tema que envolve a recuperação de áreas voçorocadas, pois cada nova ação proposta, novas situações são desencadeadas e devem ser avaliadas e solucionadas para que se obtenha sucesso nas ações propostas.

## 8. REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Potencialidades Paisagísticas Brasileiras.** Geomorfologia. Vol. 55, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, São Paulo 1977. 27p.
- ALLEN, O. N.; ALLEN, E. K. **The leguminosae; a source book of characteristics, uses and nodulation.** Wisconsin: The University of Wisconsin, Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/leguminosas/gliricidia.html>. Acesso em 01/08/2008.
- ALTERNATIVAS agroflorestais de desenvolvimento para o trópico úmido brasileiro. **Informativo Agroflorestal, v.4, n.1, p.1-20, maio 1992.**
- ALVES, R. R. **Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimento de uma voçoroca:** estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia-MG. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, UFU/Uberlândia, 2007.
- ANDRADE, A. C. S. de; RAMOS, F. N.; SOUZA, A. F. de; LOUREIRO, M. B.; BASTOS R. Flooding effects in seedlings of *Cytharexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species. **Rev. bras. Bot. vol.22 s.2 São Paulo Oct. 1999.**
- ANDRADE, A. G. de; PORTOCARRERO, H.; CAPECHE, C. L. **Práticas Mecânicas e Vegetativas para Controle de Voçorocas.** Rio de Janeiro, RJ., 2005. Comunicado técnico n 33 ISSN 1517-5685. Disponível em: [http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/comtec33\\_2005\\_controle%20vocorocas.pdf](http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/comtec33_2005_controle%20vocorocas.pdf).
- ARAÚJO FILHO, J.A. de; SOUSA, F.B. de; SILVA, N.L. da; BEZERRA, T.S. Avaliação de leguminosas arbóreas para recuperação de solos e repovoamento em áreas degradadas, Irauçuba-CE. **Rev. Bras. de Agroecologia, Vol.2 n.2, out. 2007.**
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento de ensaio para determinação do grau de umidade de solos.** Rio de Janeiro: 1989. NBR 69/1989.
- AZEVEDO, B.C. de; DIAS, P.F.; RESENDE, A.S. de; SOUTO, S.M.; MATTA, P.M. da; CAMARGO FILHO, S.T.C. **Arborização de pastagens a partir de estacas de Gliricidia (*Gliricidia sepium*),** 2008. <<http://www.sct.embrapa.br/cdagro/tema01/01tema20.pdf>> Acesso em 29 set. 2009.
- BACCARO, C. A. D. Estudos Geomorfológicos do município de Uberlândia. **Revista Sociedade e Natureza. Uberlândia, ano 1, n. 1, p.17 – 21, jun./1989.**
- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no Domínio Cerrado In: GUERRA, A. J. T.;

SILVA, A. S. da; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações.** 5 ed., Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2010. p. 195-227.

BAHIA, V. G.; CURI, N.; CARMO, D. N. do; MARQUES, J. J. G. S. e M. Fundamentos da erosão acelerada do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores atuantes e controle). **Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.**

BARBOSA, A. C. **Sistema Biogeográfico do Cerrado: alguns elementos para a sua caracterização.** Contribuições 3. Goiânia, 1996.

BARBOSA, A. C.; DINIZ, H. N. Controle de processo erosivo provocado por rompimento de adutora na serra da Mantiqueira, SP, Brasil. **Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 691-702, out.-dez., 2010.** ISSN 0103-9954

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.**

BAUER, J. **Especies con potencial para la reforestación en Honduras;** resumés. Tegucigalpa, COHDEFOR, 1982. 42 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 2. ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BEZERRA, J. A. R. **Avaliação de geotêxteis no controle da erosão superficial a partir de uma Estação Experimental, Fazenda do Glória – MG.** 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, UFU/ Uberlândia, 2006.

BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; RODRIGUES, S. C. Relações entre potencial matricial no solo e cobertura vegetal em uma Estação Experimental, Uberlândia – MG. **Soc. & Nat., Uberlândia, ano 24 n. 1, 103-114, jan/abr. 2012.**

BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; RODRIGUES, S. C. Variação da umidade superficial do solo em parcelas experimentais com uso de geotêxteis biodegradáveis, Uberlândia – MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia, v.13, n.1, (Jan-Mar) p.93-100, 2012.**

BEZERRA, J.F.R.; RODRIGUES, S. C. Estudo do potencial matricial e geotêxteis aplicado a recuperação de um solo degradado, Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia Uberlândia v. 6, n. 19 out/2006 p. 160-174.**

BHATTACHARYYA, R.; FULLEN, M. A.; BOOTH, C. A.; KERTESZ, A.; TOTH, A.; SZALAI, Z.; JAKAB, G.; KOZMA, K.; JANKAUSKAS, B.; JANKAUSKIENE, G.; BUHMANN, C.; PATERSON, G.; MULIBANA, E.; NELL, J. P.; VAN DER MERWE, G. M. E.; GUERRA, A. J. T.; MENDONCA, J. K. S.; GUERRA, T. T.; SATHLER, R.; BEZERRA, J. F. R.; PERES, S. M.; YI, Z.; YONGMEI, L.; LI, T.; PANOMTARACHICHIGUL, M.; PEUKRAI, S.; THU, D. C.; CUONG, T. H.; TOAN, T. T. **Effectiveness of biological geotextiles for soil and water conservation in different agro-environments.** **Land Degrad. Develop.** 22: 495–504 (2011) Published online 3 March 2011 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ldr.1097.

BIGARELLA, J. J, et all. (2003). **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** Vol 3. (s.e) Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina. Cap.8, p.1026-1098.

BIULCHI D. F.; PEREIRA J. S.; SILVA A. H. da; RODRIGUES S. C. **Análise do estabelecimento e crescimento de quatro espécies arbóreas, com diferentes doses de corretivos do solo, em áreas degradadas no Município de Uberlândia - MG.** VIII Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, Guarapari/ES, 2010.

BIULCHI, D. F. **Módulo de Viveircultura: produção de mudas.** Apostila didática. Uberaba, 2006. 47p.

BIULCHI, D. F.; ABDALA, V. L. Fitofisionomias da sub-região pantaneira de Aquidauana (MS) In: RODRIGUES S. C.; MERCADANTE, M.A. (Org.) **Paisagens do Pantanal e do Cerrado: fragilidades e potencialidades.** Uberlândia: EDUFU, 2011. 285p.

BOTELHO, R. G. M.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 181-220.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.. (Org). **Erosão e Conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340p.

CAMAPUM DE CARVALHO, J; SALES, M. M; SOUZA, N. M; MELO, M. T. S. Processos erosivos. In: **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro.** 1º Edição. Brasília: FINATEC, 2006. 39-91p.

CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO D. S.; RODRIGUES, S. C. A ocorrência de feições erosivas como evidência da evolução de voçoroca em Uberlândia-MG. **RBGF-Revista Brasileira de Geografia Física. Recife-PE Vol.1 n.02 Set/Dez 2008,64-77.**

CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; RODRIGUES, G. S. de S. C.; RODRIGUES, S. C. Acúmulo de serapilheira em fragmentos de Mata Mesofítica e Cerrado *Stricto sensu* em Uberlândia-MG. **Sociedade & Natureza, Uberlândia, 20 (1): 189-203, jun. 2008.**

CAPECHE, C. L. **Processos erosivos em áreas da Usina Hidrelétrica Franca Amaral - Bom Jesus de Itabapoana, RJ.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 73). Disponível em <http://www.cnps.embrapa.br> Acesso em:10 de junho/2010.

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R. de; PRADO, R. B.; PIMENTA, T. S.; MELO, A da S. Degradação do solo e da água: impactos da erosão e estratégias de controle. In: TAVARES, S. R. de L. ... [et al.]. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.: il. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html>> Acesso em 18 jun.2010

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Hidrologia.** Cap. 4. Precipitação p. 33-59, 2006. Disponível em: [www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo](http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo) Acesso em 16 de jan. 2011.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras.** Recomendações Silviculturais, potencialidades e uso da madeira. EMBRAPA-CNPF. Brasília. 1994. 640p.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia.** [S.I.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 20.10.2009

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 7 ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2007. 472p. 93 a 148.

CORRÊA, F. L. de O.; RAMOS, J. D.; RODRIGUES, A. C. da G.; MÜLLER, M. W. Produção de serrapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. **Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 30 n. 6, p 1099-1105, Nov./dez., 2006.**

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.28 n.5 Viçosa Set./Out. 2004.**

COURA, S. M. da C.; SHIMABUKURO, Y. E.; FREITAS, M.W.D. de. Aplicação da fitogeografia ao mapeamento da cobertura vegetal em escala regional de estado de Minas Gerais com uso de geotecnologias. P. 259 – 302 In: TORRES, F.T.P.; DAGNINO, R. DE S.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; (ORG.) **Contribuições geográficas.** Ubá: Ed. Geographica, 2009. 542p.

COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; PAULA C. C DE; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, M. V.; ADVÍNCULA, T. G. DE L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C.; MOTTA, P. H. **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil.** Viçosa, MG,2010. (Boletim técnico CBCN, 2177-305X ; 1) 118 p.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA /Instituto de Pesquisas Tecnológicas **Controle de erosão.** São Paulo, 1990. 92 p.

DRUMOND, M.A., CARVALHO FILHO, O.M. de. Introdução e avaliação de *Gliricidia sepium* na região semi-árida do Nordeste Brasileiro. In: QUEIRÓZ, M.A. de, GOEDERT, C.O., RAMOS, S.R.R., (ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro.** Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido /Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/>>. ISBN 85-7405-001-6

DUNSDON, A.J.; STEWART, J.L.; HUGHES, C.E. *Gliricidia sepium* In: DUNSDON, A.J.; STEWART, J.L.; HUGHES, C.E. **Species descriptions and biomass tables.** Oxford, Forest Institute, 1991. p.35-38.

DUQUE, J.A. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. **Recursos Genéticos e Melhoramento de**

**Plantas para o Nordeste Brasileiro** Disponível em:  
[http://www.hort.parde.edu/newcrop/duke\\_energy/Gliricidia\\_sepium](http://www.hort.parde.edu/newcrop/duke_energy/Gliricidia_sepium) Acesso em 06 de mar. 2009.

**DURIGAN, G.; CONTIER, W. A.; MELO, A. C. G. de; NAKATA, H. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em terreno permanentemente úmido em região de Cerrado.** Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista. Disponível em: [http://www.iforestal.sp.gov.br/loja/artigos\\_pesquisas\\_em\\_conservacao/IF-c27.pdf](http://www.iforestal.sp.gov.br/loja/artigos_pesquisas_em_conservacao/IF-c27.pdf) Acesso em: 26.06.2012

**DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água.** Porto Alegre: EST, 2005. 189p.

**EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos/CNPS, 1997. 212p. Documento 1.

**FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. Propagação de plantas frutíferas.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221p.il.

**FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R. de L., 1995. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado.** 2. ed. Pelotas: UFPel, 179 p.

**FARIA, S. M. de; FRANCO, A. A.; CARNEIRO, E. F. C.; SILVA, E. M. R. da. Recuperação de Solos Degradados com Leguminosas Noduladas e Micorrizadas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 23p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 77).

**FARIA, S. M. de; LIMA, H. C. de. Levantamento de nodulação em leguminosas arbóreas e arbustivas em áreas de influencia da Mineração Rio do Norte – Porto Trombetas / PA.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 32 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 159).

**FERREIRA, A. P. Uso de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia no Pólo Produtor de Seropédica/ Itaguaí.** Rio de Janeiro, 2006 Monografia apresentada ao Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**FERREIRA, V.M.; FERREIRA, R.R.M; SILVA, M.L.N. Estabilização demonstrativa de uma voçoroca por práticas vegetativas em Nazareno (MG).** Nazareno, Lavras – MG: Prefeitura Municipal de Nazareno, UFLA. 2003. (Projeto Controle e Estabilização de Voçorocas).

**FORTES, J. L. de O.; BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A. Leguminosas arbóreas como agentes de recuperação de áreas degradadas.** In: MOURA, E. G. de (organização). **Agroambientes de Transição entre o trópico úmido e semi-árido do Brasil:** atributos, alterações e uso na produção familiar. São Luís: UEMA, 2004. 312p.

**FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R. da; FARIA, S. M. de. Revegetação de solos degradados.** Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1992. 8 p. (EMBRAPA-CNPAB. Comunicado Técnico, 9).

FRANCO, A.A. **Uso de *Gliricidia sepium* como moirão vivo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-UAPNPBS, 1988. 5p. (EMBRAPA-UAPNPBS. Comunicado Técnico, 3)

FRANCO, A.A.; FARIA, S.M.; CAMPELLO, E.F. Recuperando áreas degradadas, EMBRAPA-CNPBS. **Comunicado Técnico, n. 8, p. 9-11, 2001.**

FRANCO, A.A.; RESENDE, A.S. de; CAMPELLO, E.F.C. **Importância das Leguminosas Arbóreas na Recuperação de Áreas Degradadas e na Sustentabilidade de Sistemas Agroflorestais.** Palestra apresentada no Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável. Campo Grande, MS, 2003. Disponível em: <<http://saf.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/15.pdf>>. Acesso em 10 de maio de 2010.

FUGIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa micro bacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento.** 2002. 118 f. Dissertação. (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura (Luiz de Queiroz) – Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11142/tde-12112002-141046/>>. Acesso em: 02 Fev. 2010.

GALETI, P. A. **Práticas de controle à erosão.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1987. 278p.

*Gliricidia sepium* 115 ***Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.** (1842). — FABACEAE — Publicado en: Repertorium Botanices Systematicae em: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf). Acesso em 06 de mar. 2009.

GOULART, R. M.; PEREIRA, J. A. A.; CALEGÁRIO, N.; LOSCHI, R. A.; OGUSUKU, L. M. Caracterização de sítios e Comportamento de espécies florestais em processo de estabilização de voçorocas. **Cerne, Lavras, v. 12 n. 1, p. 68-79 jan./mar.2006.** ISSN 0104-7760

GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramento em erosão dos solos. **Revista do Departamento de geografia 16 (2005) 32-37.** Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/50/40>>. Acesso em: 15 abr. 2011.

GUERRA, A. J. T. Ravinas: processo de formação e desenvolvimento. **Anuário do Instituto de Geociências - Volume 20 - pp. 9-26 – 1997.**

GUERRA, A. J. T. Início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.. (Org). **Erosão e Conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340p.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. (Org). **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 472p.

GUERRA, A. T. Encostas e a Questão Ambiental in CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.). **A questão Ambiental: diferentes abordagens.** 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,

2003. 248p.

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; De MARIA, I.C.; CASTRO FILHO, C. & LANDERS, J.C. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E. & PERES, J.R.R., (eds). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Embrapa, 2002. p.47-60.

JACINTO, E. C.; CARVALHO, J. C.; CARDOSO, F. B. F.; SANTOS, R. M. M.; GUIMARÃES, R. C.; LIMA, M. C. G. Solos tropicais e o processo erosivo. In: CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. **Processos erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006. p. 93-156.

KERTÉSZ, Á.; SZALAI, Z.; JAKAB, G.; TÓTH, A.; SZABÓ, Sz.; MADARÁSZ, B.; JANKAUSKAS, B.; GUERRA, A.; BEZERRA, J. F. R.; PANOMTARANICHAGUL, M.; CHAU THU, D.; YI, Z. **Biological geotextiles as a tool for soil moisture conservation. Land Degrad. Develop.** 22: 472–479 (2011) Published online 15 March 2011 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ldr.1098.

KAGEYAMA, P. e GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R. LEITÃO FILHO, H. de F. (ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2 ed. São Paulo. Edusp: Fapesp, 2001.

LEAL, P. C. B.; RODRIGUES S. C. Uso e comparação do método de estaqueamento, o método DGPS e geoprocessamento no monitoramento de uma área erosiva na Fazenda do Glória – Uberlândia, MG. **GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 29, pp. 18 - 35, 2011.**

LEAL, P. C. B.; SILVA, A. H.; PINESE JÚNIOR, J. F.; ANDRADE, I. F. de; BEICHER, E. J.; RODRIGUES, S. C. **Monitoramento Erosivo Através de Estaqueamento. Fazenda Experimental do Glória.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA (SINAGEO) e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, VII e II, 08/2008, Belo Horizonte. Anais do VII SINAGEO e II Encontro Latino-americano de Geomorfologia, Belo Horizonte: UFMG/ instituto de Geociências, 2008.

LEMOS, M. do S. da S.; BAHIA, V. G. Erosividade da chuva. **Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.16, n. 176, p. 31- 37, 1992.**

LESSA, L. G. F. **Monitoramento das perdas de solo da Sub-bacia Ribeirão das Bicas – Botucatu / SP, utilizando fotogrametria digital.** BOTUCATU – SP Julho – 2006. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP

LIRA, J. M. S.; FERREIRA R. A.; SILVA JÚNIOR, C. D.da; SANTANA, W. da S. **Avaliação da tolerância à saturação hídrica de ingá (*Inga uruguensis* Hook. et Arn.).** XII Congresso brasileiro de Fisiologia Vegetal “Desafios para a produção de alimentos e bioenergia” set de 2009, Fortaleza CE.

LOBO, P.C.; JOLY, C.A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. Pp. 143157. In: R.R. Rodrigues & H.F. Leitão-Filho. **Matas Ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo, EDUSP/Editora da Universidade de São Paulo. 2001.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1992.

MACHADO, R. L. **Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no médio Vale do rio Paraíba do Sul, RJ.** 2006. 86f. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

MACHADO, R. L.; CAMPOLLO, E. F. C.; RESENDE, A. S. de; MENEZES, C. E. G.; SOUZA, C. M. de; FRANCO, A. A. **Recuperação de Voçorocas em Áreas Rurais.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 30 p.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A. H.; MENDONZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em áleias e sob vegetação nativa de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 22, p. 43-48, 1998.**

MAFRA, N. M. C. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

MATOS, L.V.; CAMPOLLO, E.F.C.; RESENDE, A.S. da; PEREIRA, J.A.R.; FRANCO, A.A. Plantio de **Leguminosas Arbóreas para Produção de Moirões Vivos e Construção de Cercas Ecológicas.** EMBRAPA Agrobiologia. Sistemas de produção, 3. Versão Eletrônica. Dez. 2005. Disponível: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Moirao/MoiraoVivoCercaEcoligica/index.htm>> Acesso em: 20 abr. 2009.

MENEZES, B. B.; LEMOS, R. E.; SCOPEL, I.; PEIXINHO, D. M. P.; TOMMASELLI, J. T. G.; COSTA, M da. **Uso e ocupação agropecuária no Cerrado Brasileiro; transformações da paisagem e seus impactos ambientais no estado de Goiás.** EGAL, 2009. Disponível em: <[http://egal2009.easyplanners.info/area07/7063\\_Bizarro\\_Menezes\\_Bruna.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area07/7063_Bizarro_Menezes_Bruna.pdf)> Acesso em 12/08/2012.

MESQUITA, M. da G. B. de F.; OLIVEIRA, G. C. de; PEREIRA, J. C. Cobertura vegetal X erosão. **Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 57-61, 1992.**

MORAIS, F.; BACELLAR, L. A. P.; SOBREIRA, F. G. Análise da erodibilidade de saprolitos de gnaisse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1055-1062, nov./dez. 2004.**

NARDIN, C. F.; SILVA A. H. DA; PEREIRA JÚNIOR, R. A.; RODRIGUES S. C. Uso de medida física para recuperação de áreas degradadas em ambiente de Cerrado. Resultado para o uso de barreiras com material de baixo custo na recuperação de voçorocas. **Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set. 2010.**

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES-NAS. **Firewood crops, shrub and tree species for energy production.** Washington, D.C., 1980. 237 p.

NAVARRA, S. J. **Manual de Bioengenharia.** 2008. 134p. Disponível em: <<http://sjnavarro.filies.wordpress.com/2008/08/manual-bioingenieria.pdf>> Acesso em: 20 ago. 2009.

NICODEMO, M. L. F.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; SANTOS, P. M.; VINHOLIS, M. de M. B.; FREITAS, A. R. de; CAPUTTI, G. Desenvolvimento inicial de espécies florestais em Sistema Silvipastoril na Região Sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n60, p.89-92, dez. 2009. Edição Especial.** Nota científica. Doi: 104336/2009. pdf 60.89

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas Adjacentes. **Revista Sociedade e Natureza, Uberlândia. No 1, jun. 1989, p. 09 – 15.**

NOVAES PINTO, M.; BARROS, J. G. do C. Conservação das águas e solos. In: DIAS, B. F. de S. (coord.) **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis.** Brasília: Fundação Pró-Natureza, 1996. 97p.

OLIVEIRA, G. S. de; PEREIRA, J. C.; MESQUITA, M. da G. B. de F. Espaçamentos de terraços em função dos fatores que afetam as perdas por erosão. **Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 44-50, 1992.**

OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.. (Org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 340p.

OLIVEIRA, G. C. de. Solos do Cerrado: Reconhecimento na paisagem, potencialidade e limitações para o uso agrícola. **Curso de Qualificação Profissional a Distância.** Lavras, UFLA – FAEPE, 2009.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de Espécies Florestais,** (série cadernos didáticos, 83), Editora UFV, Viçosa, MG, 2001. 46p.

PALHETA, R. A.; WANDELLI, E. V. **Nodulação de Gliricidia sepium e Inga edulis em sistemas agroflorestais implantados em áreas degradadas por pastagem na Amazônia Central.** Disponível em: <http://www.sbsaf.org.br/anais/2002/trabalhos/1026.pdf>. Acesso em: 26/maio/2009.

PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. Org. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** 3 ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 372 p.

PARROTTA, A.J. **Gliricidia sepium** (Jacq.) Walp. Gliricidia, mother of cocoa Leguminosae (Papilionoideae) Legume family, 1992, 7pp.

PASQUAL, M. **Propagação de plantas ornamentais.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 80 p.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R. do; SILVA, C. R. R. **Fruticultura comercial:** propagação de plantas frutíferas. Lavras: UFLA; FAEPE, 2001. 137 P.

PAULINO, G. M.; LAMÔNICA, K. R.; BARROSO, D. G.; COSTA, G. S. FERREIRA, P. R.; FREITAS, M. S. **Decomposição de resíduos de poda de Gliricida sepium em um**

**modelo de sistema agroflorestal sob manejo orgânico.** In: VI CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: Bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes: Anais...Campos dos Goytacazes, RJ. 2006. CD ROM.

PEREIRA JÚNIOR, L.R.; GAMA, J.S.; RESENDE, I.R.A. Propagação vegetativa de *Gliricidia sepium* no Curimataú Paraibano. **Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.3, n.3, p 17 -20 julho/setembro de 2008.** Disponível em: <<http://revista.gvaa.com.br>>. Acesso em: 27 abr. 2009.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão.** Belo Horizonte: FAPI, 2006. 150 p.

PEREIRA, J. A. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Desenvolvimento de espécies florestais de rápido crescimento em diferentes condições de sítio visando a recomposição de matas ciliares. **Cerne, v.5, n.1, p.036-051, 1999.**

PEREIRA, J. S. e RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos da Geografia Uberlândia v.13, n.41, 2012 p. 102-110.**

PEREIRA, J. S.; ABREU, C. F. N. R. de; SILVA, A. H. da; BIULCHI, D. F. **Análise do desenvolvimento das espécies arbóreas *Anadenanthera macrocarpa* e *Gliricidia sepium* com diferentes doses de corretivos do solo em áreas degradadas no Município de Uberlândia – MG.** XIV SEMANA DA GEOGRAFIA Ordenamento Territorial? Universidade Federal de Uberlândia/MG – Campus Santa Mônica Uberlândia, 2009.

PEREIRA, J. S.; BIULCHI, D. F.; RODRIGUES, S. C. **O processo de Revegetação como alternativa para Recuperação de paisagens características de Áreas degradadas inseridas no domínio dos Cerrados.** VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia “Sensitividade de Paisagens: geomorfologia e as mudanças ambientais” Recife. 2010.

PEREIRA, J. S.; BIULCHI, D. F.; SILVA, A. H. da; ABREU, C. F. N. R. de; RODRIGUES, S. C. **Análise do desenvolvimento de espécies leguminosas arbóreas em área degradada no município de Uberlândia – MG.** VIII Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, Guarapari/ES, 2010.

PERINO, H. Rehabilitation of a denuded watershed through the introduction of kakawate (*Gliricidia sepium*). **The Philippine Forest Research Journal, v.4, n.2, p.49-67, 1979.**

PINESE JUNIOR, J. F.; CRUZ, L.M.; ANDRADE, I. F. de; RODRIGUES, S. C. **Estudo de processos erosivos em áreas degradadas na Fazenda do Glória, Uberlândia, MG.** VIII Encontro Interno e XII Seminário de Iniciação Científica. Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

PONTING, Clive. **Uma história verde do mundo.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995. 648 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília, 2º ed., 1985. 289p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo:** A agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 559p.

PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e água:** práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2 edi. Atual. E ampl. – Viçosa: Ed. UFV, 2009. 279p.

RADAMBRASIL -Ministério das Minas e Energia. **Levantamento de recursos naturais.** Rio de Janeiro, V. 31., 1983. 76p.

RAMOS, M. V. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F. da; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SILVA, M. L. N. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. **Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 2, p. 283-293, 2006.**

REIS, E. R. dos. **Variação espacial e temporal dos parâmetros morfológicos em mudas de pinus e eucalipto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Centro de Ciências Rurais - Universidade de Santa Maria, RS . 2006.

REZENDE, W. S.; GOBBI, C. N.; SILVA, C. E.; ALMEIDA, J. R.. Recuperação de voçorocas na zona rural do município de Mineiros (GO): financeiramente viável e ambientalmente sustentável. **Revista Ibero- Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.2, n.2, p.64-81, 2011.**

RODRIGUES, L; NISHIYAMA, L. **Estudo dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na bacia do Córrego dos Macacos - Uberlândia-MG.** VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (GO), 03 a 06 de maio de 2001.

RODRIGUES, S. C. **Análise Empírico-Experimental da Fragilidade Relevo-Solo no Cristalino do Planalto Paulistano:** sub bacia do reservatório Billings. 1998. 265 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SALES, M. M.; CARVALHO, J. C. de; PALMEIRA E. M. Controle de erosões. In: **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro.** 1º Edição. Brasília: FINATEC, 2006. 427-464 p.

SANTOS, E. V. dos; FERREIRA, L. A. B.; LAMBERT, D.; SOUZA, C. L. de; Mendes, E. de A. P.; Ferreira, I. M. **A ocupação do Bioma Cerrado: da expansão da fronteira agrícola aos dias atuais.** S/D

Disponível em:  
[http://www.catalao.ufg.br/historia/arquivosSimposios/historia/VIISIMPOSIO/comunicacoes/Eduardo%20Vieira/eduardo\\_vieira.pdf](http://www.catalao.ufg.br/historia/arquivosSimposios/historia/VIISIMPOSIO/comunicacoes/Eduardo%20Vieira/eduardo_vieira.pdf) Acesso em: 20 set. 2012.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.. (Org). **Erosão e Conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229 – 267.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações.** 5 ed., Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2010.

SALVADOR J. do L. G. **Comportamento de espécies florestais nativas em áreas de**

**depleção de reservatórios.** IPEF, n.33, p.73-78, ago.1986. CESP - Companhia Energética de São Paulo. São Paulo – SP

SANGALLI P.; VALENZUELA, M. **Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica.** 2008. 14p. AEIP Asociación Española de Ingeniería del Paisaje, Montesol Donostia/San Sebastián (España). COIC Bilbao. Disponível em: <http://www.caminospaisvasco.com/Actividades/bioingenieria/introduccionbioingenieria> Acesso em: 29 ago. 2010.

SERATO, D. S.; ALVES, R. R.; CAMPOS, E. H.; CAMPOS, P. B. R.; SILVA, F. S.; RODRIGUES, S. C. **Avaliação e recuperação de área degradada (voçoroca) no interior da Fazenda Experimental do Glória no município de Uberlândia – MG.** VIII Encontro Interno e XII Seminário de Iniciação Científica da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2008.

SERATO, D. S. e RODRIGUES, S. C. **Avaliação e recuperação da área degradada (voçoroca) no interior da Fazenda Experimental do Glória no município de Uberlândia (MG).** B.goiano.geogr. Goiânia, v. 30, n. 2, p. 29-42, jul./dez. 2010

SERATO, D. S.; ALVES, R. R.; CAMPOS, E. H.; SILVA, J. F.; RODRIGUES, S. C.; ROGRIGUES, G. S. S. C. **Monitoramento e Avaliação de Dispositivos Físicos para Recuperação de Áreas Degradadas por Voçorocamento em Ambiente de Cerrado.** In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, II Encontro Latino Americano de Geomorfologia. Dinâmica e Diversidade de Paisagens.(84) 2008, Belo Horizonte-MG. Resumos... IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. CD-ROM.

SILVA A. H. da; BIULCHI D. F.; WENDLING, B.; RODRIGUES S. C. **Estabelecimento de espécies exóticas e nativas e diferentes doses de calcário em área com voçoroca de Uberlândia – MG.** XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Fortaleza, 2009.

SILVA, A. H. da. **Medidas físicas e biológicas com potencial para o uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia – MG.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, 2010. 136f.

SILVA, C. A. S. da; PARFITT, J. M. B. **Drenagem superficial para diversificação do uso dos solos de várzea do Rio Grande do Sul.** Circular Técnica n 40. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS, 2004 ISSN 1516-8832

SILVA, E. M. da. O Clima na Cidade de Uberlândia- MG. **Revista Sociedade e Natureza.** Uberlândia, 16 (30): 91 – 107, jun. 2004. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/viewFile/9181/5646>>. Acesso em 12.06.2011

SILVA, J. B. da. **Avaliação da perda de solo por fluxo superficial utilizando parcelas experimentais: Estudo de caso na bacia hidrográfica do Córrego do Glória em Uberlândia, MG.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, 2006. 147 f.

SOUSA, J. V. de. **Desenvolvimento inicial de leguminosas arbóreas nativas em várzea sob diferentes condições de drenagem na regeneração de matas ciliares.** Dissertação em

Agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração Gestão de Recursos Agroambientais. Campinas, SP .2008

SUTILI, F. **Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do Brasil: espécies aptas, suas propriedades vegetativo-mecânicas e emprego na prática.** 2007. 94 f. Tese (Doutorado) - Universidade Rural de Viena. Viena, 2007.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e Fertilidade do Solo.** Sexta edição. Organização Andrei Editora Ltda. Tradução Durval Dourado Neto e Manuella Nóbrega Dourado, 2007, 718 p. . 418 p.

VIANNA, P. C. G.; LIMA, V. R. P. de; LUNGUINHO, L. L.; TORRES, A. T. G.; SILVA, A. **A Estabilização de voçoroca:** subproduto ambiental do diagnóstico dos recursos hídricos, o caso do assentamento Dona Antonia, Conde-PB. 2008. Disponível em: <http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat012.pdf> Acesso em: 08 maio 2012.

**WWF Cerrado: Berço das águas,** 2012.

Disponível em:  
[http://www.wwf.org.br/informacoes/bliblioteca/publicacoes\\_cerrado/?31283/Cerrado---Bero-das-guas](http://www.wwf.org.br/informacoes/bliblioteca/publicacoes_cerrado/?31283/Cerrado---Bero-das-guas) Acesso em: 22 set. 2012.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I:** princípios e técnicas de propagação vegetativa. Viçosa: UFV, 2002. 64p.