



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS CORRENTE GESTÃO AMBIENTAL**

THAILANE BORGES FOLHA ALENCAR

**MUDAS DE CAPIM VETIVER EM CONDIÇÕES DE CAMPO PARA O USO
COMO BIOENGENHARIA NO CONTROLE DA EROSÃO NA REGIÃO DE
GILBUÉS**

CORRENTE -

PI 2024

THAILANE BORGES FOLHA ALENCAR

MUDAS DE CAPIM VETIVER EM CONDIÇÕES DE CAMPO PARA O USO COMO
BIOENGENHARIA NO CONTROLE DA EROÇÃO NA REGIÃO DE GILBUÉS

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Yoná Serpa Mascarenhas.

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Cícera Izabel Ramalho.

CORRENTE - PI

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Alencar, Thailane Borges Folha

A368m Mudar de campim Vetiver em condições de campo para o uso como bioengenharia no controle da erosão na região de Gilbués / Thailane Borges Folha Alencar. - 2024.
24 p.: il. color.

Dissertação (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente, 2024.

Orientadora : Profa Dra. Yoná Serpa Mascarenhas..

Coorientador : Prof Dr. Cícera Izabel Ramalho..

1. Gestão ambiental - estudo e ensino. 2. Solos. 3. Degradação do solo. 4. Meio Ambiente. I.Título.

CDD - 577

Elaborado por Tefischer Huanderson Soares e Sousa CRB 3/1251

MUDAS DE CAPIM VETIVER EM CONDIÇÕES DE CAMPO PARA O USO COMO BIOENGENHARIA NO CONTROLE DA EROSÃO NA REGIÃO DE GILBUÉS

Thailane Borges Folha
Alencar¹ Yoná Serpa
Mascarenhas² Cícera
Izabel Ramalho³

RESUMO

Processos erosivos em regiões povoadas têm se tornado um problema ambiental preocupante em muitos municípios brasileiros, pois além delimitam a expansão da urbanização, resultam em problemas ambientais e sociais. A bioengenharia de solos é uma técnica para ajudar na reabilitação de solos degradados, sendo viável e de baixo custo, além de favorecer os aspectos ambientais. O capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) apresenta-se como uma boa alternativa na prática de bioengenharia, pois possui boa capacidade de sobrevivência, devido ao sistema radicular profundo, não possuiesementes férteis, característica que o tornam uma planta não invasora e possui grande capacidade de estabilização de solos. O presente estudo objetivou avaliar e descrever o desenvolvimento de mudas de capim vetiver em um Neossolo Quartzarênico. Para isso, foi realizado o cultivo de 327 mudas em um brejo, localizado na zona urbana da cidade de Gilbués, PI. Aos 15 dias após a implantação (DAT) iniciou as avaliações das variáveis: porcentagem de sobrevivência; altura das mudas; número de folhas e diâmetro do caule. Inicialmente as avaliações foram realizadas quinzenalmente e depois semanalmente. A partir dos 45 dias DAT houve diminuição na sobrevivência das mudas, altura e número de folhas. Após 60 DAT, apesar da taxa de sobrevivência continuar diminuindo a altura e o número de folhas novas começou a desenvolver positivamente. Ao final, a taxa de sobrevivência ficou entre 2% a 5%. O diâmetro das mudas de capim vetiver não apresentou aumento. Apesar da pesquisa apresentar desenvolvimento tímido, uma taxa baixa de sobrevivência, acredita-se que é possível a implantação do capim vetiver em Neossolo Quartzarênico no município de Gilbués, uma vez que, fatores como adubação e regamento do solo, pode ter influenciado nesse resultado, o trabalho mostrou avanços no desenvolvimento das mudas transplantadas, apresentando assim uma possibilidade de recuperar áreas degradadas.

Palavras-chave: Degradação; Solo; Reabilitação; Meio ambiente.

¹Discente do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental. Instituto Federal do Piauí. cacor.2021121tgam0011@aluno.ifpi.edu.br

²Docente. Instituto Federal do Piauí. yona.mascarenhas@ifpi.edu.br

³Docente. Instituto Federal do Piauí. izabel_ramalho@ifpi.edu.br

ABSTRACT

Erosive processes in populated regions have become a worrying environmental problem in many Brazilian municipalities, as they not only limit the expansion of urbanization, but also result in environmental and social problems. Soil bioengineering is a technique to help in the rehabilitation of degraded soils, being viable and low-cost, in addition to favoring environmental aspects. Vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) presents itself as a good alternative in the practice of bioengineering, as it has good survival capacity, due to its deep root system, it does not have fertile seeds, a characteristic that makes it a non-invasive plant and has great soil stabilization capacity. The present study aimed to evaluate and describe the development of vetiver grass seedlings in a Quartzarene Neosol. For this, 327 seedlings were cultivated in a marsh, located in the urban area of the city of Gilbués, PI. At 15 days after implantation (DAT), evaluations of the variables began: percentage of survival; seedling height; number of leaves and stem diameter. Initially, assessments were carried out biweekly and then weekly. From 45 days DAT onwards there was a decrease in seedling survival, height and number of leaves. After 60 DAT, although the survival rate continued to decrease, the height and number of new leaves began to develop positively. In the end, the survival rate was between 2% and 5%. The diameter of vetiver grass seedlings did not increase. Despite the research showing timid development and a low survival rate, it is believed that it is possible to implement vetiver grass in Quartzarenic Neossolo in the municipality of Gilbués, since factors such as fertilization and soil watering may have influenced this result, the work showed advances in the development of transplanted seedlings, thus presenting a possibility of recovering degraded areas.

Keywords: Degradation; Ground; Rehabilitation; Environment.

Data de aprovação: 14/03/2024 (data de apresentação do TCC)

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 33% das terras existentes no mundo encontram-se com algum grau de degradação. Vários fatores levam a degradação dos solos constituindo-se assim, em maior ou menor grau, um problema para todos os países. A degradação dos solos envolve uma combinação de fatores naturais, como a suscetibilidade dos solos à degradação, com atividades antrópicas relacionadas aos tipos de uso e manejo do solo (FAO, 2015). Um dos processos de degradação do solo mais importantes em regiões tropicais é o da erosão hídrica. Este processo consiste no desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, provocado pela água (Bertoni & Lombardi Neto, 2008). A erosão, portanto, provoca o desgaste e modificação da superfície da terra, sendo influenciada por agentes erosivos (água e vento), cobertura vegetal, topografia e tipo de solo (Tavares et al., 2008).

O processo erosivo pode ser geológica/natural, quando ocorre na superfície terrestre sob condições naturais, sem a interferência humana, e pode ser classificada como acelerada/antrópica, ou seja, quando a interferência do homem potencializa a ação adversa dos agentes erosivos sobre o solo (Tavares et al., 2008). A erosão pode ser classificada de acordo com seu agente gerador, em hídrica e eólica. Nas regiões tropicais cujo regime de precipitação apresenta, normalmente, altos níveis de erosividade, a erosão hídrica se destaca como um dos processos mais atuantes. De acordo com Camapum de Carvalho et al. (2006) a erosão, também, pode ser classificada, pelo seu estágio de desenvolvimento como superficial ou laminar, interna (*pippe*) e linear (sulco, ravina e voçoroca). (Lal, 2001, 2017).

As voçorocas, ou boçorocas que, derivação do Tupi-Guarani - *ib-çoroc*, que significa: terra rasgada; constituem-se na forma mais grave da erosão (Casseti, 2005). São geradas pela concentração do escoamento superficial no mesmo sulco, que vai se expandindo e coalescendo, formando grandes incisões em extensão e profundidade (Bertoni & Lombardi Neto, 2008). Segundo Valentin et al. (2005), as voçorocas não ocorrem somente em solos pobres, em regiões de topografia movimentada ou em solos susceptíveis ao *piping*. Na maioria das vezes, estes processos surgem pelo cultivo e irrigação inapropriados, superpastejo, trilha de máquinas agrícolas, construção de estradas e urbanização.

Vários municípios brasileiros sofre a degradação de áreas urbanas por processos de erosão, laminar, sulcos e voçorocas. O grande poder destrutivo das erosões promove situações de risco à comunidade e transforma-se em condicionante restritivo para a expansão urbana. (IWASA; FENDRICH, 1998). O município de Gilbués, localizado no sudoeste do estado do Piauí. Desde a presença inicial das populações indígenas, esta região era compreendida pelos nativos de Gilboeis que significa “Terra Fraca” (Silva, 2011). A região apresenta uma intensa morfogênese natural, abrange ecossistemas frágeis, tem feições/litologias de solos extremamente susceptíveis ao processo de

degradação ambiental, é considerada o maior Núcleo de Desertificação do país (BRASIL, 2004). Essas condições intrínsecas da região aliadas ao regime de chuvas tropicais propicia o surgimento de erosões, agravadas consideravelmente pelas intervenções antrópicas.

Os fatores antrópicos nas áreas urbanas, possuem grande relevância no processo erosivo, principalmente, devido a ocupação intensa e desordenada e a inadequação do sistema de drenagem urbana, promovendo, segundo Guerra (2011), alterações na dinâmica hidrológica natural. A bioengenharia refere-se a um conjunto de técnicas de engenharia natural, ou seja, tecnologia que utiliza componentes de engenharia em combinação com princípios ecológicos integrados, a fim de montar e manter a vegetação viva e reparar danos causados pela erosão. Essa área de conhecimento tem crescido e despertado muito interesse, pois além de buscar manter os aspectos ambientais, a bioengenharia procura reduzir ao máximo os custos comparativamente com as técnicas civis. A vegetação contribui de diversas maneiras, como no reforço mecânico do solo pelas raízes, que ajuda na estabilização de sulcos profundo, encostas, margens de rios e taludes (HOLANDA et al., 2009; OUYANG et al., 2010).

Uma das espécies que tem apresentado resultados bastante satisfatórios, como prática de bioengenharia, é o Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) espécie originária da Ásia Tropical (Índia, Ceilão e Malásia), perene, cespitosa, ereta e resistentes com 1,50-2,00 m de altura, suas raízes podem atingir até 5 metros de profundidade pertencente à família *Poaceae* (ant. *Gramineae*) (Arrigoni- Blank et al., 2013). O capim vetiver não possui rizomas e, apesar de produzir inflorescências, suas sementes são estéreis, configuram-se em atributos marcantes que, a considera uma planta não invasora, sendo possível a sua utilização em diferentes biomas sem a preocupação de se tornar praga. Sua propagação depende do plantio manual/mecânico de mudas (raízes ou brotos, coroa (parte entre raízes e os brotos), colmos) (Truong et al., 2008). Apresenta rápido crescimento em altura e diâmetro (Pereira, 2006). Possui boa capacidade de sobreviver a secas prolongadas uma vez que suas raízes atingem grandes profundidade (Castro, 2007).

O vetiver é usado na conservação de solos agrícolas, estabilização de locais inclinados, reabilitação de solos salinos e contaminados, como barreira efetiva para controle de erosão e sedimentos e é de fácil adaptação (TRUONG & LOCH, 2004). Alguns trabalhos encontrados, Truong et al. (2008) e Madruga et al. (2007), sobre a aplicação do capim vetiver na estabilidade de taludes apresentam uma abordagem qualitativa. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e descrever o desenvolvimento de mudas de capim vetiver em um NEOSSOLO QUARTZARÊNICO em Gilbués, PI.

1.1 PROCESSO EROSIVO

Como degradação do solo entende-se a deterioração ou desgaste de suas características químicas, físicas, morfológicas e biológicas, como por exemplo a perda da quantidade de solo e de seus nutrientes, a destruição da matéria orgânica, a compactação, a poluição causada por adubos químicos e pesticidas (CAPECHE, 2005). Um dos principais agentes causadores da degradação do solo é a erosão. Ela traz consequências negativas para o agricultor e sua família, pois destrói seu maior patrimônio não renovável: sua terra (CAPECHE, 2005).

São agentes da erosão do solo a água e o vento. A erosão causada pela água é denominada de erosão hídrica, enquanto que a

erosão causada pelo vento é denominada de erosão eólica (ZUCUNI et al., 2017). A erosão hídrica vai predominar em regiões de elevadas precipitações pluviométricas, em áreas com solo descoberto e com topografia irregular (ZUCUNI et al., 2017). Já a erosão eólica (Figura 2.2) vai

ocorrer com maior intensidade em regiões áridas, semiáridas e com solo descoberto, tanto em áreas planas como de topografia irregular (ZUCUNI et al., 2017).

A erosão hídrica é um problema que tem afetado todo o mundo. E consequentemente acarretando perdas consideráveis de solos e de recursos próximo a área afetada, também leva a muitos problemas ambientais secundários, como inundações, assoreamento de rios e poluição da água (WANG et al., 2016). Segundo Ferreira (2013) a erosão hídrica do solo provoca a degradação e perda de um recurso natural fundamental para a sobrevivência é, sem dúvida, uma das questões relevantes no campo da gestão ambiental. Ou seja, é um campo de extrema necessidade de estudo para o gestor ambiental. As três fases ou etapas da erosão são: desagregação, transporte e deposição (ZUCUNI et al., 2017). A erosão causada pela chuva pode ocorrer de forma superficial, também chamada de laminar (ocorre a perda de uma camada superficial do solo e quase não é notada pelo agricultor), em sulcos (pequenas valas são formadas no solo) ou em voçorocas (grandes valas e crateras abertas no solo) (CAPECHE, 2005).

A erosão hídrica é uma das mais importantes no Brasil, visto que este tipo de erosão pode ocorrer pelo impacto das gotas de chuva e da força da enxurrada sobre o solo, que além das partículas de solo, transportam nutrientes, matéria orgânica e defensivos agrícolas, os quais causam prejuízos à atividade agropecuária e ao meio ambiente (LIMA e MELO, 2013). Tipo esse de erosão que será abordado nesse estudo.

Pode ser definida como desgaste da superfície terrestre pela ação mecânica e química da água corrente, das intempéries ou de outros agentes geológicos. As erosões estão entre os problemas urbanos mais enfrentados pela população e pelo poder público. Em todo o Brasil pode-se encontrar diversos exemplos de cidades que têm sérios problemas socioambientais relacionados a elas. O grande desafio atual diz respeito ao alto custo da contenção destas erosões, pois na maioria dos casos chega a custar até milhões de reais para a contenção de uma única erosão (CASTRO E SOUZA, 2013).

De maneira geral, a presença dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo resulta na diminuição da erosão hídrica, principalmente, pelo efeito que a palha exerce em amenizar o impacto das gotas de chuva e a velocidade do escoamento superficial (Dechen et al., 2015; Ramos et al., 2014; Panachukiet al., 2011).

Crescimentos grandes cidades e o avanço econômico do Brasil nos últimos anos é inegável, mas os pontos negativos também aumentaram, entre eles, a constante exploração da natureza e o avanço da urbanização, desordenada e sem planejamento, que gera diversos prejuízos para o meio ambiente, entre eles a erosão do solo. A erosão é um fenômeno da natureza em que a degradação dos componentes do solo é dada por meio de agentes naturais como a chuva, vento, água de rios, gravidade, ou mesmo por ações equivocadas do homem. Com estas modificações o solo é deslocado e transportado para partes mais baixas do seu território. Em casos graves a vegetação é destruída, podendo causar a desertificação da região afetada (<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/causas-erosao-solo-brasil/>).

De acordo com o desgastar do solo pela forma de erosão hídrica, classificam-se as formas de erosão do solo em: laminar, sulcos e

voçorocas.

A erosão Laminar é resultante da retirada das partículas da parte superficial do solo de forma uniforme, pela força da água da chuva. Isso provoca o desgaste por igual do solo. Esse tipo de erosão recebe esse nome por retirar uma lâmina de solo em sua superfície.

Esse processo ocorre quando, após a água da chuva encharcar o solo e, em sua superfície, formar um filme de água, que escorre para algum sentido em declive, de acordo a permanência da chuva. Esse movimento silencioso e uniforme arrasta nutrientes, resíduos de produtos fitossanitários, argila e diversas outras partículas presentes no solo. Esse tipo de erosão é de difícil detecção, sendo uma das formas de perceber o evento, a observância de raízes de árvores descobertas sobre o solo. (Brady e Weil, 2013). De acordo com o mesmo autor, a erosão laminar é uma das mais prejudiciais, visto que a agressão ocorre de forma silenciosa e ao ser notada não é possível mais recuperar o solo que foi transportado.

Já a erosão em sulcos é aquela em que a água se aglomera em um único ponto, provocando ali um arraste de solo e formando canais, que vão se aprofundando ao longo da presença de água. Com a força da água, as barreiras formadas pelo solo vão se rompendo e se movimentando em direção ao maior declive, deixando para trás canais (sulcos) bem definidos. Os sulcos são bastante prejudiciais ao cultivo devido as perdas que o solo sofre, não podendo oferecer nutrientes necessários a plantação.

Os sulcos é o estágio mediano entre a laminar e a voçoroca. Vale destacar que a diferença entre os sulcos e voçorocas é a profundidade da erosão, sendo as mais profundas identificadas como voçorocas.

A formação das voçorocas ainda não pode ser entendida por completo, como destaca Gray e Leiser (1989) “a dinâmica da formação de voçorocas é complexa e não entendida completamente”. Isso se deve a semelhança da formação das voçorocas e das ravinas. Ainda acerca do assunto, Guerra (1995) destaca “existem várias classificações espalhadas pelo mundo, sobre os limites, quanto à profundidade e largura, entre as ravinas e as voçorocas”. Contudo, o próprio autor usa um critério puramente dimensional para distinguir uma da outra, alegando ser a voçoroca uma incisão com mais de 50 cm de largura e profundidade.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995) define voçoroca como sendo:

Forma erosiva, trabalhada pela erosão superficial e pelo solapamento provocado pela erosão subterrânea, em terrenos geralmente arenosos. A voçoroca pode originar escavações de paredes abruptas de dezenas de metros de largura e comprimento (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1995, p. 18)

As voçorocas são um tipo de erosão que provoca uma descaracterização das paisagens, especialmente em áreas urbanas e rurais, situadas em regiões de trópicos, onde as condições climáticas são mais severas, o que contribui bastante com o avanço da erosividade (Albuquerque, 2007).

1.2 CAPIM *VETIVER* (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES* L.)

Tem-se observado que a vegetação tem sido um importante aliada no processo de combate e controle da erosão. Por meio de técnicas avançadas e de baixo custo, como por exemplo a bioengenharia que oferece um resultado satisfatório, empregando técnicas simples e com pouca manutenção (PEREIRA, 2008 apud QUITO, 2014). Nesse sentido, resultados de algumas experiências com o vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash), o qual foi, recentemente, classificado como (*Chrysopogon*

zizanioides (L.) Roberty"), mostrou que esta é uma planta que apresenta alto potencial não somente no controle de erosão, como na defesa e

fortalecimento de taludes (BARBOSA, 2012). O vetiver tem sua origem datada de vários séculos na região da Índia, contudo já tem registros de sua presença em mais de 120 países onde tem diversas finalidades, desde o artesanato a tratamentos terapêuticos. É uma herbácea da família das gramíneas (Poaceae) do tipo C4, que se adapta e se desenvolve rapidamente se exposta a luz solar. Essa gramínea pode chegar a 2 cm de altura. Tem folhas pontiagudas, mas que tem uma base mais larga chegando a medir até 2cm também (PEREIRA, 2006).

Schneider (2021, p. 05) apresentam algumas características do vetiver,

- Capim Vetiver não possui rizomas. Seu sistema radicular maciço finamente estruturado que pode crescer muito rápido, em algumas aplicações, a profundidade de enraizamento no primeiro ano pode chegar a 3-4m. Este sistema radicular profundo faz da planta vetiver extremamente tolerante à seca e difícil de desalojar-se pela forte correnteza.
- Caules eretos e duros, o qual pode enfrentar um fluxo de água relativamente profundo.
- alta resistência a pragas, doenças e incêndios.
- uma cobertura densa é formada quando plantadas juntas agindo como um filtro de sedimentos muito eficaz e espalhador da água.
- Brotos novos desenvolvem-se da coroa subterrânea fazendo de vetiver resistente ao fogo, geada, tráfego e pressão de pastagem pesada.
- Novas raízes crescem a partir de nós quando enterrada por sedimentos capturados. Vetiver continuará a crescer com o lodo depositado eventualmente formando terraços, se os sedimentos presos não forem removidos.
- Tolerância a extremas variações climáticas como secas prolongadas, inundações, submersões e temperaturas extremas de -15 'C a +55' C.
- Habilidade para voltar a crescer muito rapidamente depois de ter sido afetada por secas, geadas, salinidade e condições adversas depois que o tempo melhora ou potenciadores de solo são adicionados.
- Tolerância à ampla faixa de pH no solo de 3,3 a 12,5 sem alteração do mesmo.
- Alto nível de tolerância a herbicidas e pesticidas.
- altamente eficiente absorvendo nutrientes dissolvidos, tal como N e P e metais pesados, água poluída.
- altamente tolerante ao crescimento médio elevado de acidez, alcalinidade, sodicidade e magnésio.
- altamente tolerante a Al, Mn e metais pesados como As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se e Zn nos solos.

O vetiver apresenta algumas características, que a fez ser recomendado por órgãos ambientais internacionais como o fato de ser uma espécie não invasora (BARBOSA, 2012). Por ser pouco comercializado e apresentar poucos estudos que embasem um conhecimento mais aprofundado de técnicas de manejo e manutenção, a uma deficiência na produção de mudas do vetiver, isso é o que diz o boletim técnico de bioengenharia (2006). Contudo, esse capim tem custo baixo de manutenção, chegando a custar 500 vezes menos que outras tecnologias conhecidas (TRUONG et al, 2008).

O vetiver se destaca por sua rusticidade e apresenta, de acordo com Truong et al (2008), características fisiológicas como: tolerância a extremas variações climáticas como secas prolongadas, inundações, submersões e temperaturas extremas que variam de -15°C a +55°C,

habilidade para voltar a crescer muito rapidamente depois de ter sido afetado por secas, geadas, salinidade e condições adversas, desde que o tempo melhore ou potenciadores de solo sejam adicionados, tolerância a ampla faixa de pH no solo (3,3 a 12,5) sem alteração do mesmo, alto

nível de tolerância a herbicidas e pesticidas, alta eficiência na absorção de nutrientes dissolvidos, tais como N e P e metais pesados em água poluída, alta tolerância ao crescimento médio elevado de acidez, alcalinidade, sodicidade e Mn, alta tolerância a Al, Mn e metais pesados como As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se e Zn nos solos.

Com base nos dados obtidos da Rede Internacional (Vetiver Network - <http://www.vetiver.org>) e da Rede Latino Americana do Vetiver (Rede Latinoamericana del Vetiver - http://www.vetiver.org/LAVN_Bolet%92n%20Vetiver%2011.pdf), existem estudos em inúmeras instituições internacionais que comprovam a viabilidade do uso desta planta para o controle da erosão do solo e contenção de encostas (Torrão et al 2011).

Com o vetiver é possível formar barreiras de contenção, onde suas raízes fixam no solo deixando-o mais estável e suas folhas contribui com a diminuição da velocidade com que a água escoar na superfície do solo (MADRUGA et al, 2007). O mesmo autor testou a resistência de tração com raízes de vetiver e conseguiu concluir que o vetiver tem resistência muito superior as demais gramíneas testadas. O histórico de utilização do vetiver é bastante extenso e positivo, uma vez que há registros de vários lugares nos quais a implantação dessa gramínea rendeu bons frutos, como mostra a imagem abaixo.

1.3 BIOENGENHARIA DE SOLOS NO CONTROLE DA EROSÃO

As intervenções antrópicas no combate à erosão podem ocorrer na forma de prevenção, controle ao avanço e recuperação da área. Dentre elas, a prevenção é a forma que requer menos gastos, além de preservar o meio ambiente e evitar riscos e transtornos à população (Valentin 2018). As estratégias de controle de erosão propostas para a recuperação de áreas com presença de voçorocas constituem de práticas mecânicas, vegetativas e edáficas (Andrade, Portocarrero e Capeche 2005). Assim, a bioengenharia de solo é uma técnica fácil de ser implantada, que contribui não somente com o meio ambiente, como também apresenta uma estética consideravelmente boa em relação as demais técnicas e que pode ser adotada para estabilizar as encostas e margens de cursos d'água, sem necessariamente possuir conhecimentos vastos biológicos. (SUTILI et al, 2004)

Desta forma, podemos dizer que a bioengenharia, também conhecida como engenharia natural compõe-se de materiais estáticos ou vegetais animados, que se juntam a outros materiais naturais, como rochas e madeiras, ou antinaturais, como materiais construídos com fibras vegetais conhecidos como biomantas. (ROCHA, et al 2008). Essa técnica contribui de forma satisfatória na retenção do avanço da erosão, além de ajudar a reter o desgaste do solo em áreas de declive intenso, sedimentos e em projetos de reestabilização de vegetação (USDA, 2007).

Contudo, o componente alicerçador da técnica de engenharia natural é a vegetação. É por meio desta que ocorre a estabilização do solo, porém é necessário que se conheça o mínimo acerca das técnicas de vegetação e seu aproveitamento para cada local exato de estabilização, afim de que se consiga alcançar o resultado esperado da técnica de bioengenharia. (SUTILI et al, 2007). Mas existem práticas conservacionistas que podem estar amenizando ou até mesmo solucionar esses problemas causados pela erosão do solo. São tecnologias utilizadas

no controle da erosão que visam reduzir e/ou impedir o impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície do solo, melhorar a fertilidade do solo e aumentar a infiltração da água da chuva e da irrigação (CAPECHE, 2005).

As práticas conservacionistas trazem benefícios, tanto em relação as

características físicas quanto as características químicas e biológicas do solo, uma vez que contribuem com o melhoramento e a conservação do solo. Nesse sentido, o melhoramento ocorre em relação a correção do pH com o uso de fertilizantes minerais e orgânicos confeccionados a partir de análises laboratoriais, tornando assim, o solo mais fértil, além de viabilizar a atividade biológica, por meio da ação de animais benéficos a decomposição de matérias orgânicas do solo. (CAPECHE, 2005). As práticas conservacionistas podem ser classificadas em vegetativas, edáficas e mecânicas.

As práticas de caráter vegetativo, buscam melhorar ou pelo menos conservar a qualidade do solo com o uso da vegetação. Essa prática se subdivide em adubação verde e culturas em faixas (faixas de rotação, faixas de retenção e faixas conjugadas). Pacheco (1980) destaca que essa prática consiste na alternância de culturas distribuídas em faixas de níveis. As práticas de caráter edáfico são aquelas que visam a melhoria na fertilização do solo, como bem manter sua qualidade.

Tais práticas se subdividem em ajustamento à capacidade de uso do solo, que é a mais importante técnica conservacionista, a qual deve subsidiar todos os tipos de programas conservacionistas, uma vez que orienta como a exploração agropecuária deve proceder, levando em conta a capacidade do uso das terras. De acordo com Pacheco (1980), características como, declividade no solo, devem ser observadas, para que se adeque o plantio, sendo nesse caso indicado prática de pastagem ou reflorestamento, uma vez que a prática de culturas anuais, aumentaria o risco de danificação no solo.

Controle das queimadas, que é uma prática que visa orientar que queimar as árvores após a derrubada ou os restos culturais da plantação apresenta apenas um ponto positivo: a limpeza mais rápida do terreno. Contudo é importante destacar que o fogo pode disseminar e atingir outras áreas, além de essa prática contribuir com o processo de erosão do solo, uma vez que deixa a camada superficial do solo desprotegida. Por fim, a prática de rotação de cultura, que é a repetição de cultura diferentes desenvolvida em um mesmo terreno, contribui de forma acentuada com o combate a erosão, como bem retarda a queda na produção. Além disso, mantém a qualidade do solo como bem melhora o aproveitamento da fertilidade e dos adubos, uma vez que a diferente cultura requer diferentes nutrientes.

Já as práticas de caráter mecânico adotam uma forma mais moderna, ou seja, a inclusão da tecnologia no combate ou controle da erosão. Nessa prática, máquinas são utilizadas como meio de construção de obstáculos, como bem para o manejo do solo.

Técnicas como construção de estradas e corredores, como bases importantes e necessárias as técnicas conservacionistas; controle de

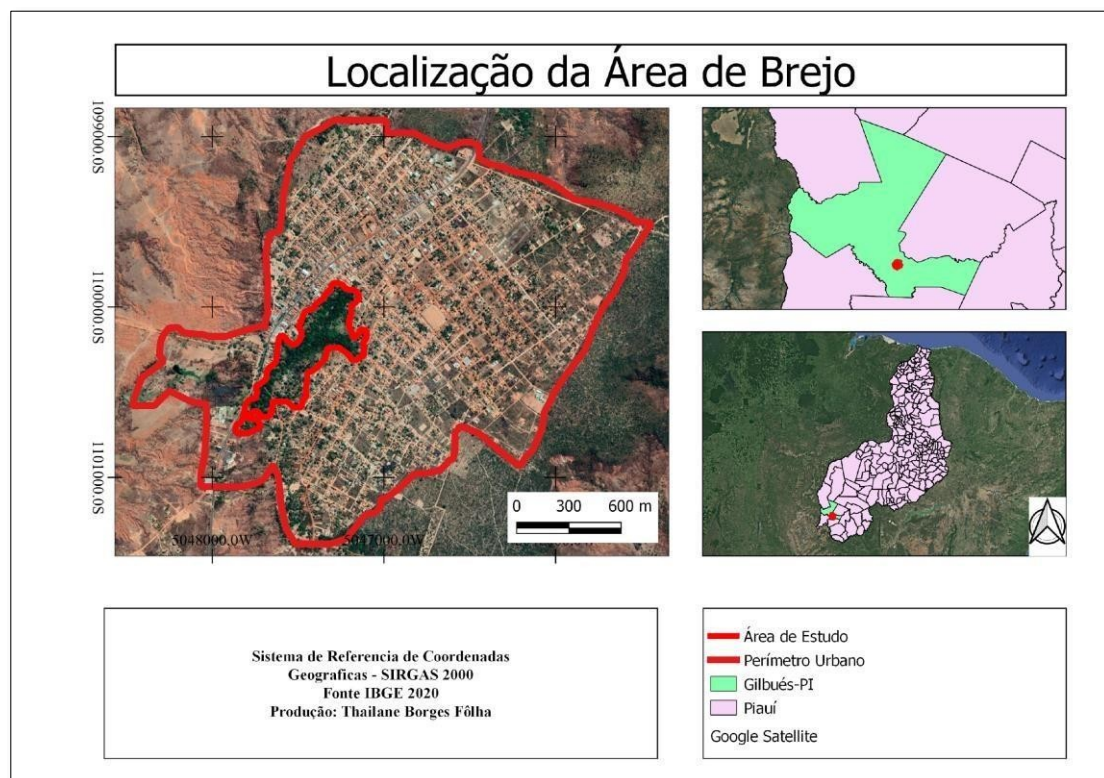
voçorocas como meio de evitar a danificação do solo, por meio da construção de barreiras ou canais que ajudarão a escoar a água ainda nas cabeceiras; Escoadouros, técnica desenvolvida para escoar água de terrenos alagados, podendo esses ser naturais ou artificiais; preparo do solo por meio do desmatamento, aração e gradagem para plantio, e o terraceamento, que é uma prática conservacionista que agrega vantagens, uma vez que é feita e mantida pelo uso de máquinas, além de facilitar a execução de outras operações, que acompanham o terraço (PACHECO,1980).

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido no período de 25 de novembro de 2023 a 25 de fevereiro de 2024, em uma área de brejo localizada no centro urbano de Gilbués, município localizado no sudoeste Piauiense ($9^{\circ} 49' 30''$ S, $45^{\circ} 20' 38''$ W e 458 metros de altitude média), a 797km da capital Teresina (Figura 1). O clima da região, segundo (Ventura, 1964) é do tipo Aw - Clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C . As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm.

Figura 1 - Localização da área de estudo, município de Gilbués, PI.



Fonte: elaborada pela autora (2022).

Os brejos são definidos como ecossistemas de transição denominados de Áreas Úmidas (Aus) (IUCN, 1971). Quando presentes em áreas urbanas sobrem com problemas de assoreamento e processos erosivos decorrentes da expansão das construções, impermeabilização do solo, traçados inadequados das ruas, canalização da água das chuvas e pelo lançamento de resíduos líquidos e sólidos diretamente para o seu interior (Tucci, 2008; Riceto, 2010).

O brejo presente no centro da cidade de Gilbués, PI, devido ao uso e ocupação indevida da área, agravadas com a presença de lixo e esgoto, apresenta-se em um processo erosivo, com sérias dificuldades na estabilização das encostas. Na área também foram realizadas instalações civis (muros e pavimentação) inadequadas, construídas com o intuito de amenizar o problema erosivo (Figura 2). No entanto, tal ação não obteve bons resultados e segurança para as pessoas

próximas ao local, que se sentem ameaçadas pelo processo erosivo.

As principais espécies florísticas (exóticas e nativas) encontradas na área foram: pimenta de macaco (*Xylopia aromatica.*), chapéu-de-sol (*Terminalia catappa.*), ciriguela (*Spondias purpurea L.*), mangueira (*Mangifera indica L.*), Crindiúva (*Trema micrantha.*), dormideira (*Mimosa pudica.*), bambu (*Buanbusa vulgares.*), amora (*Morus nigra L.*), bananeira (*Musa Spp.*), angico branco (*Anadenanthera colubrina.*), buriti (*Mauritia Flexuosa*).

O trabalho foi desenvolvido em um Neossolo Quartzarênico (Figura 2). Classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). São solos pouco evoluídos e com ausência de horizonte “B” diagnóstico. A etimologia do termo NEOSSOLO é caracterizada pelo radical grego “neo” que denota solo jovem e indica pequeno desenvolvimento (EMBRAPA, 2013).

Após a classificação do primeiro nível categórico (Ordem), que foi descrita acima, os NEOSSOLOS são classificados, no segundo nível categórico (subordem), em: LITÓLICOS, REGOLÍTICOS, FLÚVICOS e QUARTZARÊNICOS. Os

NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS não apresentam contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, tem sequência de horizontes A - C e apresenta textura areia ou areia franca em todos os horizontes; e possuem fração areia grossa e areia fina com 95% ou mais de quartzo e com ausência de minerais primários alteráveis (Embrapa, 2006).

Figura 2. Neossolo Quartzarênico e construção de muro de concreto com o intuito de amenizar a erosão local.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

Inicialmente foi realizada a caracterização de todo o local em que a erosão estava inserida, para que, a partir desse momento fosse encontrada uma possível solução que pudesse contribuir para a recuperação da área.

2.2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Para realização do trabalho, foram compradas touceiras de vetiver para posterior multiplicação das mudas em vasos. As touceiras foram separadas em perfilhos, que passaram por um processo de limpeza sendo feito toalete, retirando-se as folhas secas e cortando o excesso de raízes secundárias. Com o material adquirido foi possível confecção 350 mudas (Figura 3).

Figura 3 - Mudas em processo de multiplicação.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

Após 90 dias de desenvolvimento as mudas foram transplantadas na área de estudo. Novamente foi realizado toalete e a separação dos perfilhos para em seguida realizar o plantio em campo. Foram plantadas 327 mudas em uma área de aproximadamente 55 m² (Figura 4).

Figura 4 - Mudas implantadas na área de estudo.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

Antes da realização do plantio foi feita a limpeza e cercamento da área. Para realização de etapa do trabalho contou-se com a colaboração dos alunos do II Módulo de Gestão Ambiental do Instituto Federal do Piauí Campus Corrente (Figura 5).

Figura 5 - Momento da limpeza da área. Autor (2023).



Fonte: elaborada pela autora (2024).

Aos 15 dias após a implantação foi realizada a primeira avaliação das seguintes variáveis:

- a) porcentagem de sobrevivência, efetuado por contagem das plantas vivas;
- b) altura das mudas, em centímetros, utilizando uma régua graduada de 30 cm para medir as mudas a partir do solo, sem estender a palha da gramínea, quando atingia altura maior que 30 cm utilizava-se uma trena (Figura 6).

Figura 6 - Medição da altura.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

- c) número de folhas, realizando a contagem do número de folhas novas;
- d) diâmetro da touceira, utilizando-se um paquímetro digital (Figura 7).

As avaliações foram feitas quinzenalmente, 15, 30, 45, 60 e 75 DAT após o transplante no dia 25/11/2023. Posteriormente foram feitas semanalmente, 88 e 95 dias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1 - Valores médios da taxa de Sobrevivência, altura e número de folhas novas em mudas de vetiver cultivadas em condições de campo em um Neossolo Quartzarênico.

DAT	Sobrevivência (%)	Altura (cm)	Nº de folhas novas
0	100	10	10
15	100	10	5
30	100	10	2
45	33	5	0
60	15	7,5	3
75	8	10,8	2
88	4	30,75	5,5
95	3	28,2	5,6

Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Com base nos dados da Tabela 1 e observado no gráfico 1 a taxa de sobrevivência tem uma queda relevante a partir dos 45 DAT, apresentando alta mortalidade das mudas de capim vetiver plantadas em condições de campo em Neossolo Quartzarênico sem a utilização de nenhuma fonte de adubo.

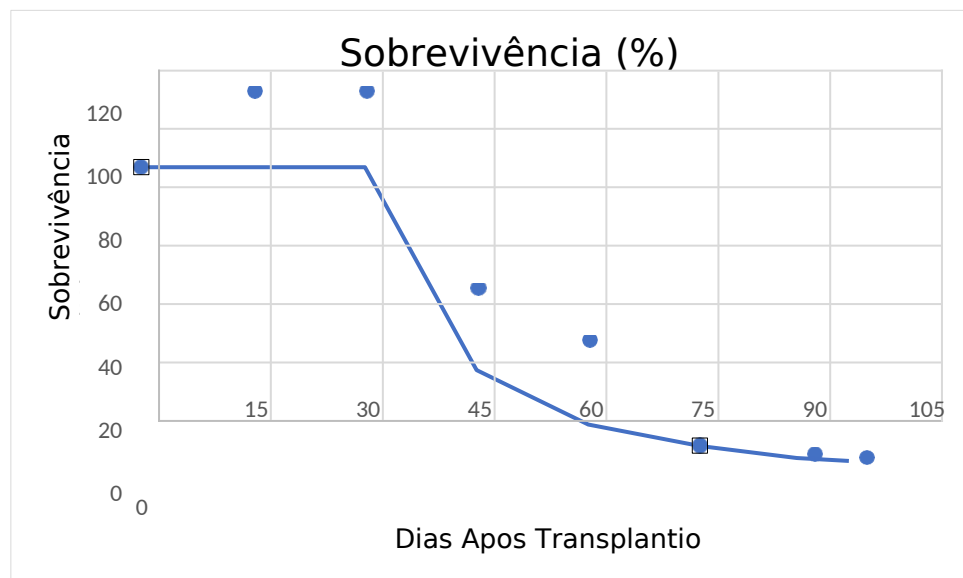
Pereira (2006), também, obteve uma maior taxa de sobrevivência quando utilizou mudas enraizadas em saquinhos, apesar do aumento do custo. Os resultados obtidos no presente trabalho podem estar associados à condição de veranico que ocorreu na região durante a execução do trabalho, bem como ao maior estresse sofrido pelas mudas de raízes nuas quando cultivada diretamente em campo (Figura8).

Figura 7 - Capim vetiver depositado diretamente no solo sem adubo.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

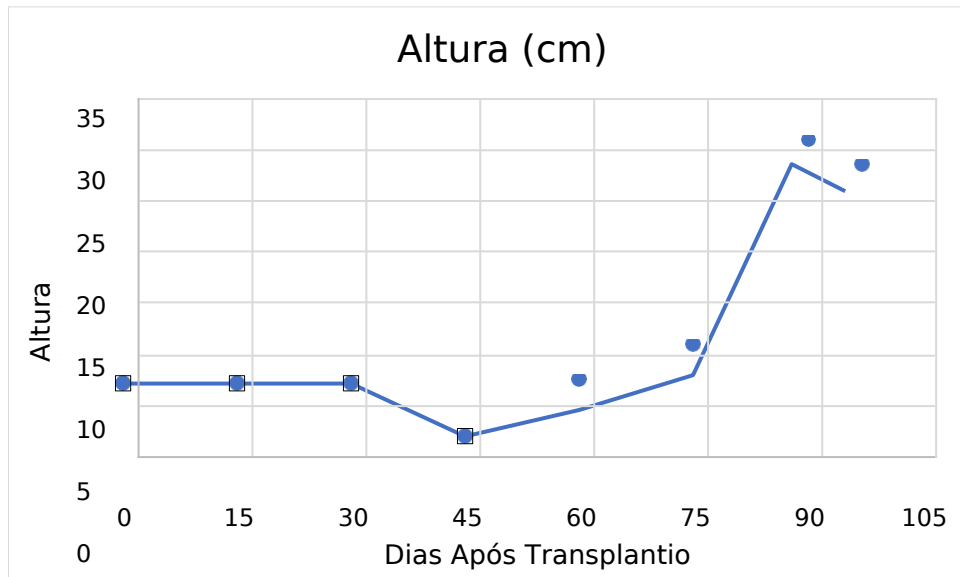
Gráfico 1 - Taxa de sobrevivência mudas de capim vetiver em condições de campo.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

Ao observar a altura das mudas, tanto a Tabela 1, é possível notar que nos primeiros 30 dias se manteve constante, sem alterar da condição inicial, posteriormente, na avaliação com 45 DAT, houve uma diminuição, possivelmente em decorrência da mortalidade e mesmo as sobreviventes secaram as folhas, e assim comprometeu a altura. Na avaliação seguinte, ou seja, aos 60 DAT, verificou-se crescimento das mudas sobreviventes como mostrado no gráfico 2. ARRIGONI- BLANK (2013) não encontraram diferenças estatísticas na altura de mudas de capimvetiver cultivados em diferentes substratos e sob doses diferentes de calcário. Medeiros et al. (2020), demonstraram que o cultivo de mudas em ambiente protegido proporcionou maior altura das plantas.

Gráfico 2 - Desenvolvimento da altura das mudas de capim vetiver em condições decampo.



Fonte: elaborada pela autora (2024).

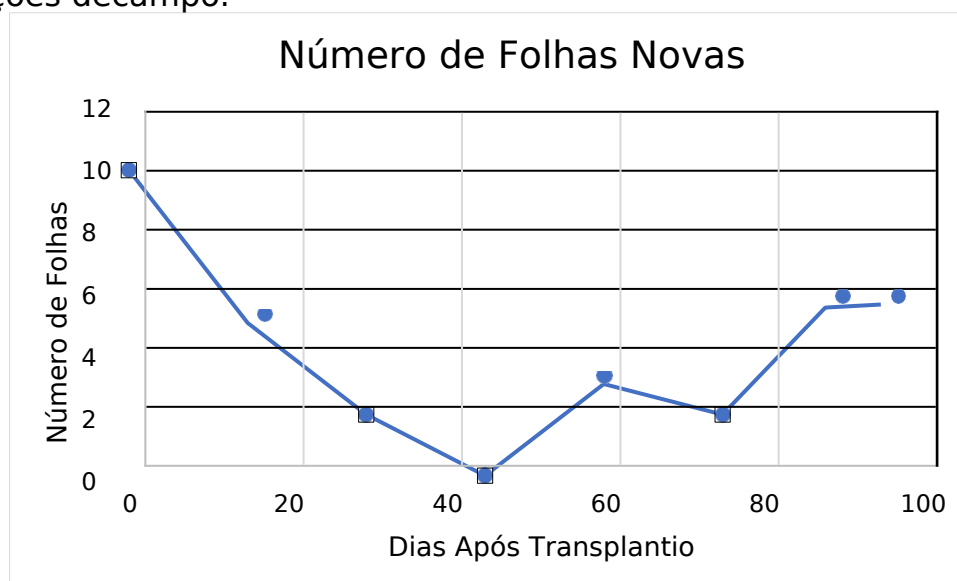
O número de folhas novas houve uma oscilação, isso se deu em decorrência do comportamento do desenvolvimento das mudas do capim vetiver, logo após o plantio passam pelo período de troca da palhada, ou seja, as palhas velhas secam e começam a sair novas folhas como apresentado na figura 9. Foi possível identificar folhas novas já na primeira avaliação após o plantio, aos 15 DAT. No gráfico 3 e na Tabela 1 é possível observar a evolução do número de folhas do capim vetiver em condições de campo.

Figura 8 - Estágios de evolução vetiver



Fonte: elaborada pela autora (2024).

Gráfico 3 - Desenvolvimento da altura das mudas de capim vetiver em condições decampo.



Fonte: elaborada pelos autores (2024).

Segundo Pereira (2006), o capim vetiver apresenta rápido crescimento em altura e diâmetro. Esse bom desenvolvimento se deve, principalmente, a capacidade da planta em aproveitar melhor os nutrientes do solo. No entanto, o presente estudo não identificou mudanças no diâmetro das mudas de vetiver ao nível do solo, apesar do aumento de folhas novas, como apresentada na Tabela 2. Andrade et al. (2011), não identificaram diferenças estatísticas quanto ao diâmetro das mudas de vetiver plantadas em diferentes espaçamentos.

Tabela 2 - Diâmetro e número de folhas novas de vetiver cultivadas em condições decampo em um Neossolo Quartzarênico.

DAT	Nº de Folhas Novas	Diâmetro
88	5,5	4,1
95	5,6	4,1

Fonte: elaborada pelos autores (2024).

4 CONCLUSÃO

Levando em consideração o alto nível de erosão na região onde localiza o brejona cidade de Gilbués-PI, um processo natural agravado pela ação humana, a região apresenta considerável prejuízo em relação ao desgaste do solo. As fortes chuvas levam consigo a camada nutritiva do solo, deixando-o desprotegido acelerando o processo erosivo. A retirada da vegetação pela ação humana, contribui de forma direta com a degradação do solo.

Tendo em vista, que a bioengenharia de solos é uma técnica correlacionada amétodos de utilização de meios naturais e economicamente mais viáveis para a reparação e contenção do desgaste do solo. Desta forma, é uma técnica correta do ponto de vista ecológico e estético, utiliza-se de conhecimentos biológicos para estabilização de encostas de terrenos e margens de cursos de água. Assim o uso do capim vetiver é uma opção de baixo custo e eficiente para resolver ou ao menos, conter o processo de erosão.

É possível concluir, também, que a implantação do capim vetiver em NeossoloQuartzarênico no município de Gilbués é possível e viável, uma vez que a pesquisa mostrou avanços no desenvolvimento das mudas transplantadas, apresentando assim uma possibilidade de recuperar áreas degradadas. O vetiver se apresenta como uma forma de contenção e reabilitação da área, se faz necessária, pois contribui tanto para a retenção do solo quanto a movimento da água da chuva, quanto para firmá-lo, evitando o desabamento de encostas, proporcionando uma melhoria na qualidade de vida e mais segurança aos moradores.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. C. Q. DE; NERY, J. M. F. G. A influência da vegetação e da ocupação do solo no clima urbano: um exercício analítico sobre a avenida paralela. Fórum Patrimônio: Mudanças climáticas e os impactos das cidades, v.4, n.1, 2011.

ALBUQUERQUE, F. N. B.. Agentes, processos e feições erosivas em voçoroca conecta à rede de drenagem do Rio Coreaú, Ceará. 2007. Disponível em: Acesso em: 25/02/24

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro. 1995.

ARRIGONI-BLANK, M. DE F., BLANK, A.F., SANTOS, T.C. Produção de mudas de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) com uso de diferentes substratos. Biosci. J. 29: 597-604. 2013.

BARBOSA, M. C. R. Estudo da aplicação do vetiver na melhoria dos parâmetros de resistência ao cisalhamento de solos em taludes. Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 2012. Tese de Doutorado.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray. Elementos da natureza e propriedades dos solos : Nyle C. Brady, Ray R.Weil;tradução de Igo Fernando Lepsch. 3.ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. 684 p. ISBN 9788565837743 disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788565837798>

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BRASIL, GOVERNO DO. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca - PAN-Brasil. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos, 2004. 242p.

CAMAPUM de CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M. de.; MELO, M. T. da. S. (Org.). Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro. Brasília: FINATEC, 2006. CASSETI, V. Geomorfologia. FUNAPE, 2005. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia>. Acesso em: 15/02/2023.

CAPECHE, C. L. Processos Erosivos em Áreas da Usina Hidrelétrica Franca Amaral-Bom Jesus do Itabapoana, RJ. dez. 2005.

CASTRO, M. N; SOUZA, P. C. A Importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. Revista eletrônica de educação da faculdade Araguaia, 4: 230- 241, 2013.

CASTRO, R. A. Propostas de Contenção/recuperação da Erosão do Bairro Jacu, Açailândia - MA, PPGeo (UFPA). 1-11, 2008.

DECHEN, S.C.F. et al. 2015. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. Bragantia, v.74, n.2, p.224-233.

Pensamento Verde. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/causas-erosao-solo-brasil/>. 11/09/2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Brasília, DF). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2013, 353p.

FERREIRA, C. O Mundo (Im) Perfeito dos modelos de erosão. [s.l: s.n.].
WANG, X. et al. Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. Catena, v. 137, p. 256-268, 1 fev. 2016.

GRAY, D.H.; LEISER, A.T. Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. 1989.

GUERRA, ANTÔNIO J. T (Org.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: BertrandBrasil, 2011.

HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P.; OLIVEIRA, V. S. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v. 12,

n. 6, p. 570-575, 2008.

IWASA, O. Y.; FENDRICH, R. Controle da erosão urbana. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Eds). Geologia da engenharia. São Paulo: ABGE/IPT, 1998.cap. 16, p. 271-281.

LAL, R. Soil degradation by erosion. Land Degradation & Development, v. 12, n. 6, p.519-539, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.472>.

LAL, R. Soil erosion by wind and water: problems and prospects. In: LAL, R. (ed.). Soil erosion research methods. Boca Raton: Routledge, 2017. cap. 1. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780203739358>.

MADRUGA, E. L.; SCHELE, E. L. & SALOMÃO, F. X. T. (2007). Uso do capim vetiver (sistema vetiver) na estabilização de taludes de rodovias, proteção de drenagens e de áreas marginais. Disponível em: .

MEDEIROS, L. O. S. ET AL. Desenvolvimento do capim vetiver cultivado em diferentes ambientes e adubado com esterco bovino. Revista principia, Joao Pessoal. n.50p. 130-138. Disponível em: <https://file:///D:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/3545-12736-1-PB.pdf>. Acessado em 05 março. 2024.

Organização das Nações Unidas - FAO. Manual de agricultura climaticamente inteligente: resumen de orientación. Rome, 2015. Disponível em: <https://www.fao.org/climatechange/374950edc2355c27f19ee5cee068a90496add9.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2024.

PACHECA, E. B. CNPMS/EMBRAPA. Inf. Agropec., Belo Horizonte, ~ (72) dez. 1980.

PEREIRA, A.R. Uso do vetiver na estabilização de taludes e encostas. Boletim técnico, Deflor Bioengenharia, ano 1 n.03, Set., 2006.

PEREIRA, C.N.; CASTRO, C.N.; PORCIONATO, G.L. 2018. Dinâmica econômica, infraestrutura e logística no MATOPIBA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada -Ipea. 87p.

QUITO, V. S. Estudo sobre a influência das raízes do capim vetiver na permeabilidade de um solo tropical compactado. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Graduação em Engenharia Civil. 2014. 76p.

ROCHA, P.C.; SOUZA, E.E. Erosão Marginal e evolução hidrodinâmica no sistema rio-planície fluvial do Alto Paraná-Centro Sul do Brasil. In: NUNES, J.O.R.; ROCHA, P.O. Geomorfologia: aplicação e metodologias. 1ª ed. Expressão Popular, São Paulo, 2008, p.133-154

SCHNEIDER P.; KLAMT, E.; GIASSEN, E. Morfologia do Solo. Subsídio para caracterização e interpretação de solos a campo. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72p

SILVA, I. A. S. O Núcleo de degradação Ambiental de Gilbués-Piauí: análise climática e indicadores Geoambientais. Goiânia, UFG. Monografia. 80p. 2011.

SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, Sudoeste do Estado de Goiás. Revista Territorial, v. 2, p. 106- 127, 2013.

SUTILI, F. J.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Potencial biotécnico do sarandi branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de curso de água. v. 14, n. 1. Santa Maria: Ciência Florestal, jun. 2004. p. 13-20..

SUTILI, F. J. Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do Brasil: espécies aptas e suas propriedades vegetativo- mecânica e emprego na prática. Tese (Doutorado Engenharia Florestal). Viena/Áustria: Universidade Rural de Viena, Departamento de Engenharia Civil e Perigos Naturais, Instituto de Bioengenharia de Solos e Planejamento da Paisagem, 2007. 94

p. R.N. Araújo Filho et al., Scientia Plena 9, 070203 (2013) 9 25.

TAVARES, S. R. L. Áreas Degradadas: Conceitos e Caracterização do Problema. In.: TAVARES, S. R. L. (org). Curso de Recuperação de Áreas Degradadas. A Visão da 97 Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de Monitoramento e Estratégias de Recuperação. Embrapa Solos, 2008. cap. 1, p. 01- 08.

TORRÃO, R. B. A. Cultivo do vetiver para controle da erosão, Embrapa solos, Circular técnica 3, ISSN 1519-7328, Seropédica, RJ Dezembro, 1-6, 2011.

TROUNG, P.; VAN TAN, T.; P. E. Sistema de aplicação Vetiver: manual de referênciatécnica. 2. ed. San Antonio, Texas: The Network International, 2008. 116p.

USDA-NRCS. Technical Supplement 14I Streambank Soil Bioengineering. In 210- VI-NEH, 2007. 84p.

VALENTIM, C. POESEN, J. YONG, L. Gully erosion: impacts, factors and control. Catena. Amsterdam, v. 63, p. 132-153, 2005.

VALENTIN, F. A. S. análise do controle, recuperação e prevenção da erosão hídrica no parque Cesamar em Palmas-TO. 2018. Monografia (bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Palmas - TO 2018. Wikipedia livre. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Gilbu%C3%A9s> >.

ZUCUNI, L.; DIEGO, P.; GIACOMINI, A. Conservação do solo. e-tec brasil ed. Santa Maria : Colegio Politécnico UFSM, 2017.