

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**CLASSIFICAÇÃO E SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DO SOLO NO ENTORNO DE
ÁREA ÚMIDA (Rio Claro, SP)**

Tuani Iovana Nogueira

Orientadora: Profa. Dra. Vânia Silvia Rosolen

Rio Claro (SP)
2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

TUANI IOVANA NOGUEIRA

CLASSIFICAÇÃO E SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DO SOLO
NO ENTORNO DE ÁREA ÚMIDA (RIO CLARO, SP)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP

2021

N778p Nogueira, Tuani
PROPRIEDADES E SUSCETIBILIDADE À EROSÃO
DO SOLO NO ENTORNO DE ÁREA ÚMIDA (RIO
CLARO, SP) / Tuani Nogueira. -- Rio Claro, 2021
44 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado -
Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio
Claro

Orientadora: Vânia Rosolen

1. Áreas úmidas. 2. Morfologia. 3. Erosão. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

TUANI IOVANA NOGUEIRA

PROPRIEDADES E SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DO SOLO
NO ENTORNO DE ÁREA ÚMIDA (RIO CLARO, SP)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus
de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Vania Silvia Rosolen (Orientadora)

Msc. Lucas Moreira Furlan

Dra. Renata Cristina Bovi

Rio Claro, 10 de março de 2021.



Assinatura da aluna



Assinatura da orientadora

Agradecimentos

Inicialmente gostaria de agradecer à UNESP por dispor conhecimento e vivências indispensáveis para meu crescimento profissional e pessoal.

À professora Vânia Rosolen por me orientar durante o desenvolvimento do estudo e por confiar na minha dedicação e potencial.

Aos colegas Allan Tomazella e Lucas Furlan que me ajudaram em diversos momentos durante a pesquisa.

À minha família por me incentivar constantemente a concluir esta etapa.

Aos amigos Ana Paula Peres, Isabela Pires, Isabelle Perez, Livia Lenci e Mauricio Bittar, Pâmela Gomes que me acompanharam e me deram suporte, de perto ou de longe, nesses anos de graduação.

Aos professores, técnicos e demais funcionários que me influenciaram e me motivaram na construção da minha carreira.

RESUMO

As áreas úmidas são ecossistemas de interface entre ambientes terrestres e aquáticos que podem apresentar alagamento natural permanente ou periódico, com presença, ainda, de solos encharcados (hidromórficos) ou de águas rasas. As áreas úmidas são sistemas de suma importância por suportarem uma rica biodiversidade, funcionar como receptores de água, mitigar inundações e secas, proteger linhas costeiras e recarregar águas subterrâneas. Estima-se que grande parte das áreas úmidas do território nacional correm riscos ou foram totalmente degradadas e isto se deve tanto por políticas públicas que permitem brechas para interpretações abstratas, quanto ao status e classificação desses locais. Além dessas áreas serem influenciadas por processos erosivos, muitas são drenadas ou convertidas em solo para plantio pela agricultura intensiva. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo compreender influência da monocultura sobre uma área úmida localizadas em área rural no Campo do Coxo, no município de Rio Claro/SP, a partir da caracterização morfológica do solo *in situ*, ensaios de granulometria e da massa específica dos solos. A partir dos resultados pode-se observar que os solos da área são compostos por Latossolos e Gleissolos, os horizontes superficiais (0 – 60 cm) sob cana de açúcar apresentam maior porcentagem de areia e a área apresenta bancos de areia em decorrência de erosão hídrica.

Palavras-chave: Áreas úmidas, morfologia, granulometria, erosão.

ABSTRACT

Wetlands are interface ecosystems between terrestrial and aquatic environments presenting permanent or periodic natural flooding, with the presence of hydromorphic soils or shallow waters. These landscapes are important due to rich biodiversity, store water, regulate water outflow, protect coastlines and recharge of aquifer. In the Brazilian territory, wetlands are under threat or have been disappearing due to the lack of wetlands classification and status and because these are degraded by hydric erosion, drain and land conversion to intensive agriculture. The objective of this study is to assess the role of monoculture on a wetland area located in a rural area in Campo do Coxo, in the municipality of Rio Claro/SP, through the in situ morphological characterization of the soil, grain size analysis and the specific mass. The results showed that the soil cover is composed of Latosols and Gleissols. Under sugar cane crops, in the superficial horizons (0 - 60 cm), the sand fraction increased due to water erosion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo localizada no Campo do Coxo, Rio Claro/SP.

Figura 2: Localização das tradagens e coleta de amostras de solo.

Figura 3: Topossequência dos solos da área de estudo.

Figura 4: Classes texturais das amostras de solo da área de estudo.

Figura 5: Núcleos arenosos decorrentes de erosão hídrica na área de estudo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Determinação das quantidades das amostras a partir do pré ensaio.

Tabela 2: Propriedades morfológicas das escavações realizadas próximas da área úmida.

Tabela 3: Propriedades do solo das escavações próximas da área úmida.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 A importância das áreas úmidas brasileiras e os desafios na gestão ambiental	10
2.2 A influência da agricultura nas áreas úmidas	12
3. RELEVÂNCIA DO TEMA E OBJETIVOS.....	15
4. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO	16
5. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO/SP	17
5.1 Geologia	17
5.2 Solos	18
5.3 Geomorfologia.....	19
5.4 Clima	19
5.5 Hidrografia	20
5.6 Vegetação, uso e ocupação	20
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
6.1 Atividades de campo: Descrição e coleta das amostras de solo no campo	22
6.2 Ensaio de granulometria conjunta e de peneiramento	23
6.3 Ensaio para obtenção da massa específica dos sólidos e calibração do picnômetro	26
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
7.1 Morfologia e distribuição dos horizontes na vertente	28
7.2 Influência da erosão hídrica na textura dos solos superficiais.....	36
8. CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

As áreas úmidas (AUs) são descritas como ecossistemas de interface entre ambientes terrestres e aquáticos (CUNHA, PIEDADE & JUNK, 2015). Junk et. al (2015) elucidam que as áreas úmidas abrangem cerca de 20% do território brasileiro e sua relevância se deve ao fato de serem locais que atuam na recarga de aquíferos, possuem diversidade específica de fauna e flora, controlam inundações e melhoram a qualidade da água.

Devido a sua importância ecológica, social, econômica e científica diversos países se uniram para consolidar inventários e medidas de proteção para as áreas úmidas. À vista disto a Convenção de Ramsar estabeleceu em 1971 um tratado intragovernamental para conservação e uso sustentável das áreas úmidas. O Brasil assinou a Convenção de Ramsar em 1993 e para incorporá-la em sua política nacional, ratificou o Decreto nº 1.905/96 (GUASSELLI, 2018; JUNK et. Al, 2015).

Ainda que existam políticas públicas, estas se mostram insuficientes para manter a permanência das áreas úmidas devido à ausência de planejamento ambiental. Além disso, muitas destas áreas não são mapeadas devido a perda destas para a agricultura intensiva que avança em detrimento destes locais, drenando ou os convertendo em solo para plantio (ROSOLEN, 2015).

Diante deste cenário se encontra o estado de São Paulo que designa 6,25 milhões de hectares para o cultivo de cana-de-açúcar, sendo o maior produtor agrícola em âmbito nacional (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2020). E para fins de projeto, a área úmida que será caracterizada se encontra em uma zona canavieira localizada no Campo do Coxo do município de Rio Claro/SP, inserido na Depressão Periférica Paulista. Desta forma, será estudado a relação entre as características morfológicas dos solos da área e qual a influência a agricultura pode exercer sobre a área úmida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância das áreas úmidas brasileiras e os desafios na gestão ambiental

Áreas úmidas são definidas como ecossistemas de interface entre ambientes terrestres e aquáticos, manifestam-se na natureza de forma natural ou artificial, ocorrem de forma permanente ou mantêm-se inundadas periodicamente por solos encharcados ou águas rasas que podem ser doces, salobras ou salgadas (CUNHA, PIEDAE & JUNK, 2015).

As AUs encontram-se em sistemas formados por relevos e substratos que permitem um maior acúmulo de águas superficiais ou subsuperficiais por tempo suficiente para promover processos físicos, químicos e biológicos. Por serem ambientes com deficiência ou ausência de oxigênio, comumente pode-se identificar estas áreas pelo aparecimento de espécies vegetais adaptadas a essas condições hidromórficas (JUNK et. Al, 2015).

Siefert (2012) aponta que os solos hidromórficos são compreendidos como parte integrante das AUs, sendo que estes caracterizam-se pela presença de condições redutoras nas zonas das raízes, ficando livres de oxigênio além de apresentarem os poros preenchidos com água em uma condição de saturação hídrica permanente ou temporária devido a influência do aquífero raso.

As áreas úmidas são sistemas de suma importância pois além de suportarem uma rica biodiversidade, funcionam como receptores de água a jusante do rio e estabilizam o abastecimento, mitigam inundações e secas, protegem linhas costeiras ou influenciam a recarga de águas subterrâneas (MITSCH e GOSSELINK, 2015).

Considerando sua relevância ecológica, social, econômica e científica em 1971 diversos países se reuniram para discutir sobre a valorização das áreas úmidas na Convenção de Ramsar e em 1975 entrou em vigor o referido tratado intragovernamental para conservação e uso sustentável das AUs. O Brasil assinou a Convenção de Ramsar em 1993 e para incorporá-la em sua política nacional, ratificou o Decreto nº 1.905/96. Apesar do marco legislativo, o decreto demonstrou pouco avanço na concepção e aplicação de critérios para proteção das áreas úmidas nacionais (GUASSELLI, 2018; JUNK et. Al, 2015).

No Brasil, 90% das Áreas Úmidas encontram-se no interior do país, sendo assim definidas como AUs interiores. São formadas basicamente pelas altas precipitações e pelo relevo plano presente em grandes extensões do país. As áreas úmidas interiores brasileiras também são caracterizadas pela sazonalidade, visto que secam (em sua maioria) completamente

durante a época de seca (águas baixas) e são inundadas durante o período chuvoso (cheias) (JUNK et al., 2013).

Estima-se que grande parte das áreas úmidas nacionais foram degradadas ou correm risco de serem completamente destruídas por diversos motivos, dentre eles: poluição; drenagem pela agricultura e pecuária; inundação de AUs devido a construção de barragens que interrompem a conectividade longitudinal e muda o pulso de inundação do rio; retificação e canalização de rios; falta de preparo científico entre os tomadores de decisão para elaboração de uma legislação protetora que abranja os diferentes tipos de AUs; e ausência de comunicação entre os tomadores de decisão e a comunidade científica (CUNHA; PIEDAE & JUNK, 2015).

Para haver a conservação das áreas úmidas é necessário que antes elas sejam identificadas e classificadas. A classificação pode ocorrer através de atributos biológicos, ecológicos, físicos, químicos, hidrológicos ou geomorfológicos e tem o objetivo de uniformizar terminologicamente, agrupar os tipos de áreas em unidades semelhantes entre si e tornar-se um instrumento para mapeamento, delimitação, descrição e avaliação (JUNK et. Al, 2015).

Entretanto, há dificuldades em se obter uma classificação precisa das áreas úmidas pois estas possuem características semelhantes às de outros ecossistemas. Mitsch e Gosselink (2015) pontuam alguns obstáculos que dificultam a categorização de forma estrita, sendo eles: a variação de profundidade e do tempo de inundação de acordo com determinada área; e a influência das águas de margem e subterrânea que proporciona um conjunto de diferentes características de acordo com a sua disposição no espaço. Os autores também se atentam no fato de que as áreas úmidas possuem espécies (vegetais, animais e micro organismos) que variam de tal forma que dificulta o uso destas como indicativo; elas variam muito de tamanho e apesar desse parâmetro não interferir diretamente na classificação, ele é muito importante pois as leis de conservação delimitam as extensões de proteção; por fim, deve-se levar em consideração que as alterações antrópicas influenciam os aspectos ambientais e na caracterização da área.

Diante de tais circunstâncias, tem-se a problemática que envolve o Novo Código Florestal Brasileiro, contemplado pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, que define as áreas úmidas apenas como pantanais e superfícies terrestres cobertas de forma periódica por águas, cobertas originalmente por florestas ou outras formas de vegetação adaptadas à inundação (BRASIL, 2012). Pode-se observar que a legislação nacional não aborda os sítios Ramsar brasileiros, não se aprofunda com clareza na caracterização e tampouco institui tipologias das áreas úmidas (GUASSELLI, 2018).

Devido a carência de uma caracterização adequada e os obstáculos para a identificação das áreas úmidas, comumente consideram as áreas de entorno destes locais como Áreas de Proteção Permanente (APP). Pelo Código Florestal as APPs são áreas situadas ao longo dos rios, lagoas, lagos ou reservatórios de água natural ou artificial e nascentes onde não é permitido realizar o uso de recursos florestais, exceto casos em que o uso seja de cunho público ou social. No artigo 4 do Novo Código Florestal há definido que a mata ciliar das APPs se encontra em faixas marginais que variam entre 30 metros e 500 metros, a depender da largura do curso d'água (BRASIL, 2012).

Perante políticas públicas com brechas para interpretações abstratas há dificuldades na permanência de áreas úmidas em âmbito nacional. Por conta disto muitos desses locais não se encontram identificados e consequentemente são perdidos para a agricultura intensiva que avança drenando ou convertendo esses locais em solo para plantio (ROSOLEN, 2015).

2.2 A influência da agricultura nas áreas úmidas

De acordo com a Secretaria de Agricultura e Abastecimento (2020), um grande setor agrícola no Brasil é o canavieiro e atualmente o país é o maior produtor de cana-de-açúcar e açúcar do mundo. O principal produtor é o Estado de São Paulo, que na safra de 2019/2020 correspondeu a 53,7% da geração açucareira no âmbito nacional. Para comportar o fornecimento de cana de açúcar elevado, São Paulo dispõe aproximadamente 6,15 milhões de hectares de área plantada com a cultura contabilizados (Instituto de Economia Agrícola, 2020).

Dessa forma tem-se que diferentes sistemas de cultivo podem ocasionar distintos impactos ambientais, ou seja, a exposição de solos a agentes erosivos oriundos da alteração da cobertura vegetal modifica consequentemente a proteção contra perdas de solo no ambiente (SILVA, 2011). Por conta deste fato, estudos acadêmicos foram realizados para relacionar a perda de solos com o plantio canavieiro de algumas regiões (BEZERRA & CANTALICE, 2006; ANDRADE et al., 2011; CORRÊA et al., 2018).

Corrêa et al. (2016) monitorou e quantificou as perdas de solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga (Rio Claro/SP), caracterizado pela predominância de Argissolos e Cambissolos, e do Córrego Monjolo Grande (Ipeúna/SP) que apresenta Neossolos Quartzênicos e Argissolos. O estudo foi executado em ambas as áreas após colheita seguida de plantio de cana-de-açúcar em um sistema convencional. Após dimensionar a quantidade de material erodido, os autores constataram que nos solos arenosos do Córrego Monjolo Grande houve perdas elevadas destes mesmos no período de cultivo agrícola da cana e relacionam a

degradação do local com o manejo inadequado. Entretanto, o estudo apontou que nos solos argilosos da Bacia do Ribeirão Jacutinga o atual uso e manejo da terra não promovem degradação dos solos por meio de erosão hídrica, mas que isto não descarta a necessidade da implantação de culturas que promovam o aumento da proteção do horizonte superficial.

A perda de solos causada por erosão é um processo desencadeado inicialmente pela desagregação das partículas do solo, seguido do transporte e por fim na deposição dessas partículas que acarreta o assoreamento dos rios (ROTTA, 2012).

Os processos erosivos hídricos são frequentemente provocados ou acelerados quando o solo é utilizado de forma incorreta por meio da remoção da cobertura vegetal, culturas inadequadas ou intensivas além de intervenções antrópicas severas (ZUQUETTE, CARVALHO & YAMANOUTH; 2007). Uma área erodida torna-se incapaz de repor perdas de matéria orgânica do solo, nutrientes, biomassa, estrutura etc., ou seja, as alterações causam a perda da resiliência do local (PEJON, RODRIGUES, ZUQUETTE, 2013).

Pugliesi et al. (2007) instituíram que os principais agentes erosivos são a água (erosão hídrica), o vento (erosão eólica) e gelo (erosão glaciária). O mesmo autor ainda aponta quatro fatores determinantes para ocorrência da erosão hídrica: o clima e a sua relação com a precipitação pluviométrica; o solo e sua resistência à dispersão; o comprimento da encosta e a declividade; e a cobertura do solo.

A erosão hídrica se desenvolve em quatro estágios: desprendimento das partículas de solo, respingo, transporte e redistribuição sobre a paisagem, deposição e sedimentação em depressões ou corpos d'água (LAL, 2019).

O impacto direto das gotas da chuva que provocam a desagregação do solo é a primeira etapa para que a erosão hídrica aconteça. A energia cinética das gotas exerce forças de pressão e cisalhamento no ponto de impacto (BEZERRA & CANTALICE, 2006). Uma vez desprendidas, as partículas dos agregados podem permanecer próximas ao local de origem ou serem transportadas. Quando o solo estiver saturado ou a velocidade da água precipitada ser superior a capacidade de infiltração de água no solo, há o escoamento do excesso de água em locais com declive (SILVA, 2011). Por fim, para concluir o processo erosivo o material transportado é depositado em locais mais baixos que podem ser depressões naturais do terreno ou corpos d'água, sendo este último caracterizado como assoreamento (ELTZ et al, 1984).

A partir do estágio em que a erosão hídrica se encontra, ela pode ocorrer de forma laminar, em sulcos ou voçorocas. A erosão laminar aparece como um desgaste uniforme da superfície do solo que aparece em finas camadas decorrente do fluxo superficial da água; já a

erosão em sulcos é marcada pela presença de sulcos sinuosos presentes ao longo dos declives por consequência da velocidade de escoamento elevada sobre o terreno; as voçorocas podem ser oriundas da evolução da erosão em sulcos, caracterizada pela formação de grandes canais, quantidades volumosas de massa de solo transportadas e lençol freático exposto (SILVA, 2011; SILVA et al, 2015).

É conhecido que áreas úmidas interiores que se encontram conectadas de forma direta ao rio recebem a água e os sedimentos destes corpos d'água do qual estão interligados. Por este motivo, estes locais também são influenciados por processos erosivos ou assoreamentos (CUNHA; PIEDAE & JUNK, 2015). Diante disto, é necessário ressaltar a importância e complexidade das interações entre solo e água, relacionando estas com estudos hidropedológicos, unindo a interface entre pedosfera e hidrosfera na configuração da paisagem (LIN, 2010).

Por fim, de acordo com Lin (2010) é válido lembrar que cada solo reage, suporta e mapeia as mudanças de acordo com as transformações oriundas das interações climáticas, bióticas e antropogênicas. Através disso há a criação de uma “memória” morfológica, de perfil, além de propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Isto posto, as áreas úmidas e suas dinâmicas se enquadram no conjunto de zona crítica que pela National Reserach Council é definida como um ambiente heterogêneo que regula o habitat natural e determina a disponibilidade de recursos que sustentam a vida, e varia desde o topo da vegetação até o fundo do aquífero e que envolve interações complexas que abrangem a atmosfera, pedosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera (LIN, 2010).

3. RELEVÂNCIA DO TEMA E OBJETIVOS

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, sendo São Paulo o principal gerador em âmbito nacional correspondendo à 53,7% da produção brasileira. Para tal, 6,25 milhões de hectares são tidos como área plantada com a cultura em território paulista (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2020).

Alguns impactos ambientais negativos ocasionados a partir do cultivo de cana-de-açúcar são descritos por Silva, Defante e Vilpoux (2014), compreendendo a diminuição da biodiversidade por meio do desmatamento da área para implantação da cultura; ampliação da fronteira agrícola que excede limites estabelecidos para áreas de proteção ambiental; comprometimento da qualidade e disponibilidade da água devido ao assoreamento de corpos hídricos; e esgotamento de nutrientes do solo. Além disso, o solo das culturas canavieiras permanece descoberto por um período, favorecendo processos erosivos que contribuem para a degradação destas áreas (GARBIATE et. Al, 2011).

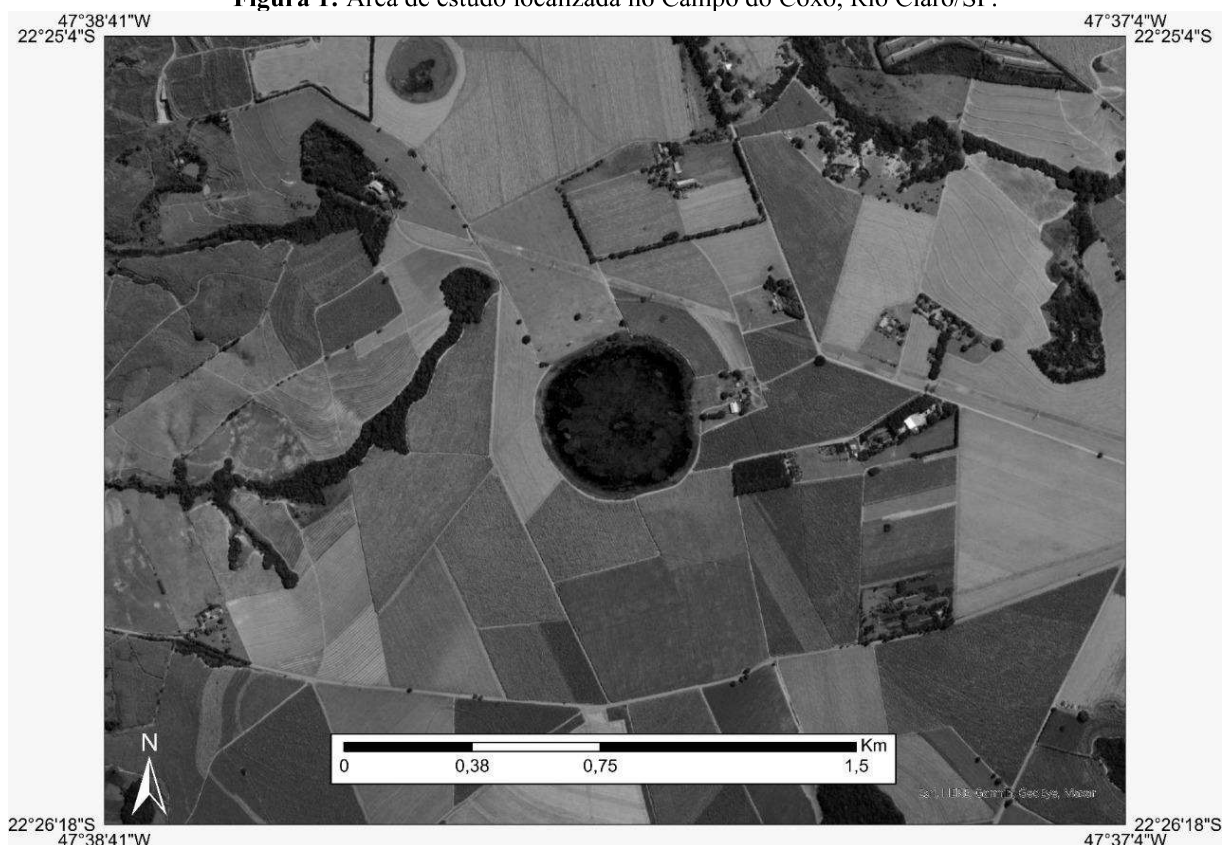
Diante do exposto nota-se a necessidade de um conceito que contemple a diversidade de ecossistemas abrangidos pelas áreas úmidas que muitas vezes se encontram inseridas em propriedades rurais, como a área de estudo deste projeto, e são degradadas constantemente de forma irresponsável (IRIGARAY, 2015).

O presente estudo tem como objetivo a busca pela compreensão da influência da agricultura em uma área úmida localizada em área rural no Campo do Coxo, situado no município de Rio Claro/SP quanto à suscetibilidade a processos erosivos, diante de uma abordagem pedológica.

4. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) está localizada no município de Rio Claro e inserido na Depressão Periférica Paulista. A Depressão Periférica é um compartimento geológico-geomorfológico situado entre a cuesta e o planalto cristalino no setor centro-ocidental do estado de São Paulo (ALMEIDA, 1964). Na região domina os sedimentos paleozóicos e corpos intrusivos magmáticos (sills e diques) da Formação Serra Geral. A área úmida estudada se desenvolve sobre rochas da Formação Corumbataí, do Permiano, é representada por argilitos, folhelos e siltitos de cor roxa a avermelhada, intercaladas com camadas de arenito muito fino e bancos carbonáticos e fragmentos de conchas (SCHNEIDER et al., 1974) e da Formação Rio Claro que é composta por sedimentos neoceno-zóicos de espessura variável que capeiam as superfícies erosivas sobre as formações mais antigas (BJORNBERG & LANDIM, 1966).

Figura 1: Área de estudo localizada no Campo do Coxo, Rio Claro/SP.



Fonte: Modificado de Google Maxar Technologies, 2021.

Localizada na zona rural denominada de Campo do Coxo, a área úmida está situada na latitude de 22°25'41\"S, longitude: 47°37'52\"W e altitude de 610 m.

5. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO/SP

O município de Rio Claro está localizado na região centro-leste do Estado de São Paulo e situa-se próximo dos municípios de Corumbataí, Leme, Piracicaba, Iracemápolis, Araras, Santa Gertrudes, Ipeúna e Itirapina (OLIVA; CHANG, 2007). A área territorial é de 498,422 km², população estimada em 206.424 habitantes (IBGE, 2019) e densidade demográfica correspondente a 373,69 hab/km² (IBGE, 2010).

5.1 Geologia

O município de Rio Claro encontra-se no setor paulista do flanco nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná e é representada por rochas sedimentares do Paleozoico que correspondem ao Subgrupo Itararé, constituído pelos grupos Tatuí, Irati e Corumbataí; sedimentares e vulcânicas do Mesozoico sistematizadas nas Formações Piramboia, Botucatu e Serra Geral e rochas sedimentares do Cenozoico presentes nas Formações Rio Claro e Itaqueri e depósitos recentes (OLIVA & CHANG, 2007).

Rio Claro se encontra predominantemente sobre sedimentos da Formação Corumbataí e Formação Rio Claro e secundariamente tem-se em alguns locais, como a região em que se encontra o Horto Florestal, rochas intrusivas básicas (ZAINÉ, 2000).

Cottas (1983) descreve a Formação Corumbataí como uma sequência de sedimentos finos que pode chegar a 180 m de profundidade em alguns pontos da região, constituída por arenitos muito finos, siltitos, lamitos e folhelhos de cor cinza, creme, verde claro ou lilás, com níveis de calcários colíticos e ocasionais leitos calcários. O autor também frisa que a formação mostra grandes evidências de um ambiente marinho, e sua idade pode ser atribuída ao final do Permiano Superior. Gama Jr. (1979) menciona que na Formação Corumbataí há a presença de planícies de maré, ou seja, depósitos que se desenvolvem em regiões costeiras, planas, baixas e extensas com pouca ação de ondas que combinados com a ação dos rios e das correntes das marés levavam e redistribuíram os sedimentos transportados até os baixios, onde foram depositados.

Bonotto & Mancini (1992) caracterizam a Formação Rio Claro como constituída por uma sequência de superior de arenitos de cor marrom-avermelhada, pouco consolidados, finos, argilosos e maciços, sem estruturas, com acentuado grau de laterização de origem coluvionar. Os mesmos autores detalham que a sequência inferior é composta por arenitos finos e médios, pouco consolidados, de coloração amarela e apresentam intercalações de leitos de argilitos

isolados. A espessura máxima da Formação Rio Claro é entre 20 a 40 m na área do platô de Rio Claro e o desenvolvimento de solos profundos relaciona-se com o fato de os depósitos possuírem caráter arenoso e de fraca litificação que contribuem para os processos pedogenéticos e com grande influência climática (YAMADA, 2004). Tandel (1998) salienta que a porção basal da Formação Rio Claro é comumente marcada por um nível conglomerático que passa para o arenito argiloso e conglomerático. O autor também ressalta que quando em contato com a Formação Piramboia, a Formação Rio Claro possui conglomerados mais proeminentes; e quando em contato com a Formação Corumbataí, esta é marcada por seixos de quartzo, fragmentos de siltito, argilito e sílex.

5.2 Solos

As rochas areníticas são maioria nas formações do município de Rio Claro, e como os solos refletem a as condições geológicas há a predominância de solos de textura arenosa. Em tais solos ocorre a infiltração da água da chuva de forma acelerada e ao percolar os horizontes, há lixiviação que converte os solos em pobres e ácidos (OLIVA, 2006).

O território do município de Rio Claro é formado pela ordem dos Argissolos, Latossolos e Neossolos, respectivamente. A coloração avermelhada é encontrada distintivamente em todo o território e varia de acordo com as concentrações de óxido de ferro, ou seja, baixos teores indicam a presença de hematita, pobreza em elementos traço e fósforo total e a presença de uma boa drenagem; já os altos teores de óxido de ferro nos solos vão indicar a presença de hematita, magnetita e maghemita, riqueza em elementos traço e fósforo total e uma boa drenagem (ECOSBIO, 2014).

Os Argissolos são solos formados por uma classe heterogênea e geralmente apresentam um aumento substancial no teor de argila em profundidade. São solos bem estruturados, com profundidade variável e cores predominantemente avermelhadas ou amareladas, mineralogia culínítica, textura que varia de arenosa a argilosa nos horizontes superficiais e de média a muito argilosa nos subsuperficiais (ECOSBIO, 2014).

Os Latossolos são resultantes de transformações enérgicas no material originário ou são oriundos de sedimentos pré-intemperizados onde predominam, na fração de argila, minerais nos últimos estágios de intemperismo. A fração de areia nesses solos compreende minerais resistentes ao intemperismo, a textura varia entre média a muito argilosa, muito profundos, porosos, macios e permeáveis (ECOSBIO, 2014).

Os Neossolos são solos pouco evoluídos e diferenciam-se por seu material de origem e paisagem, depósitos sedimentares (planícies fluviais, sedimentos arenosos marinhos ou não) e regiões de relevo acidentado (ECOSBIO, 2014).

Por fim, as subordens dos solos encontrados no município são constituídas pelas classes dos Argissolos Vermelhos – Amarelos, Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelhos – Amarelos e Neossolos Litólicos. Os Argissolos Vermelho – Amarelos representam 68% dos solos do município de Rio Claro e são caracterizados por sua baixa fertilidade, acidez, teores elevados de alumínio e suscetibilidade a processos erosivos. Os Latossolos Vermelhos se expressam em 18,2% da área e os Latossolos Vermelhos – Amarelos 6,9%, são comumente utilizados para fins agrícolas e são resistentes a processos erosivos. Por fim, os Neossolos Litólicos representam 3,9% do município e são distróficos e pouco férteis (ECOSBIO, 2014).

5.3 Geomorfologia

A cidade de Rio Claro/SP é abrangida fundamentalmente pela província geomorfológica da Depressão Periférica da zona do Médio Tietê e possui como cenário de fundo as Cuestas Basálticas (ZAINÉ, 2000). O mesmo autor aponta que o sistema de relevo dominante do município é constituído por colinas tabuliformes que caracterizam áreas do sítio urbano, do Distrito Industrial e do Campo do Cocho por meio de interflúvios extensos e aplainados, sem divisor de águas ou linha de cumeada bem definida, vertentes com perfis retilíneos a convexos, baixa densidade de drenagem e com a presença de lagoas ligadas às cabeceiras ou isoladas nos topos planos.

De acordo com Ferreira & Chang (2008), alguns setores apresentam um relevo mais acidentado em decorrência de intrusões de rochas basálticas do magmatismo Serra Geral que se encontram encaixadas em unidades paleozoicas e mesozoicas da bacia do Paraná, e de falhas ativas oriundas principalmente no Mesozoico.

5.4 Clima

O clima da região de Rio Claro – SP enquadra-se como do tipo Cwa, que de acordo com a classificação de Köppen, apresenta duas estações bem definidas e caracteriza-se pela seca no inverno e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C (CARDOSO-LEITE et al., 2004). As estações que aparecem de forma alternada podem ser definidas como chuvosas

no verão, marcada por temperatura máxima de 38 °C e uma média de 25 °C; e secas no inverno onde a temperatura média do mês mais frio varia entre 3 °C e 20,9 °C (ZAINÉ, 2000).

Segundo Cottas (1983), a distribuição anual do regime de chuvas da região acontece da seguinte forma: um período seco entre abril e setembro que manifesta chuvas entre 15 e 20 dias com 180 a 200 mm de chuva; e um período chuvoso que corresponde a aproximadamente 80% das precipitações anuais entre outubro a março que manifesta chuvas entre 55 a 60 dias que acumulam em torno de 1200 mm.

Localizada na Médica Depressão Periférica Paulista, a região de Rio Claro encontra-se em uma localização e posição geográfica que permitam que esta seja considerada palco maior do complexo jogo das atuações dos sistemas atmosféricos, tendo em vista que nessa faixa de transição ocorre o confronto entre os climas controlados pelos Sistemas Tropicais e pelos Extratropicais frontológicos (CHRISTOFOLETTI, et al., 2005)

5.5 Hidrografia

O município de Rio Claro está inserido na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos da bacia do Piracicaba/Capivari/Jundiá (UGRHI 05) que possui uma área de abrangência de aproximadamente 15.303,67 km² (PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO, 2014).

Rio Claro está inserida na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí. A bacia se estende por uma área de 171.050 há e abrange também os municípios de Analândia, Itirapina, Corumbataí, Santa Gertrudes, Ipeúna, Charqueada e Piracicaba. O Ribeirão Claro e o Córrego da Servidão são afluentes a margem esquerda, já a direita tem-se o Rio Passa Cinco que se juntam ao Rio Corumbataí (ZAINÉ, 2000).

De acordo com Oliva (2006), o Rio Corumbataí, afluente do Rio Piracicaba, se prolonga por aproximadamente 120 km e nasce na Serra de Santana a 800 m de altitude. Segundo a mesma autora, no auto curso do Rio Corumbataí este é encachoeirado e corre em vales estreitos e profundos, enquanto ao atravessar o município de Rio Claro o rio passará em declives pequenos, de vales abertos e descrevendo muitas curvas e meandros

5.6 Vegetação, uso e ocupação

Pupim (2010) relaciona a distribuição da vegetação primitiva do município de Rio Claro com as condições pedológicas, índices de declividade das encostas e fatores climáticos.

Dessa maneira o autor expõe que no início do século a região era composta predominantemente por Floresta Estacional Semidecidual (concentradas pela localidade em solos arenosos), Cerrado (associado a solos de textura arenosa, muito profundos e permeáveis) e Cerradões (distribuídos em manchas onde os solos possuem textura mais argilosa). Além disso, o autor apresenta as matas ciliares como uma zona de transição entre a vegetação estacional semidecídua e campos higrófilos nas planícies de inundação.

Atualmente o município apresenta poucos remanescentes de cobertura vegetal nativa, de forma que a floresta estacional se concentra na Fazenda São José, a nordeste da cidade, e alguns remanescentes de mata ciliar podem ser identificados ao longo do Ribeirão cabeça, Rio Passa Cinco e no alto curso do Ribeirão Claro. Já as manchas de cerrado encontram-se apenas nas cidades vizinhas como Corumbataí, Analândia e Itirapina (CARDOSO-LEITE et al., 2004).

Rio Claro possui também uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, a Floresta Estadual Edmundo de Navarro de Andrade, que é composta predominantemente por *Eucalyptus* ssp. e áreas remanescentes de Floresta Estacional Semi Decidual constituídas por vegetação arbórea nativa localizada em áreas marginais dos corpos hídricos, sub-bosques e talhões experimentais de espécies nativas (MACHI & CUNHA, 2006).

O município de Rio Claro possui extensas áreas de pastagem, por se tratar de uma área que era constituída por uma importante bacia leiteira. Entretanto, a cultura canavieira vem invadindo as áreas de pastagens e alguns remanescentes de cerrado (Pupim, 2010).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste estudo foram feitas atividades em campo e laboratório. As análises *in situ* consistiram na caracterização morfológica das amostras de solo e as análises em laboratório compreenderam os ensaios de granulometria e da massa específica dos solos. Em ambas as metodologias foram utilizadas amostras coletadas por horizontes.

6.1 Atividades de campo: Descrição e coleta das amostras de solo no campo

O estudo morfológico e a coleta de amostras de solo foram feitas por meio de tradagem manual em uma catena com perfis localizados em um transecto desde o topo da vertente até o limite com a área úmida. Os perfis de solo foram descritos e amostrados em 5 tradagens (T1, T2, T3, T4 e T5) localizadas em posições topográficas distintas da vertente (Figura 2).

Figura 2: Localização das tradagens e coleta de amostras de solo.



Fonte: Modificado de Google Maxar Technologies, 2021.

O perfil T1 está localizado à jusante da encosta e próximo da área úmida com 2,2 m de profundidade. O perfil T2 está localizada à 30 m de T1, com 3 m de profundidade. A tradagem T3 localizada a 20 m a montante de T2 com 3m de profundidade. T4 está distante 30

m de T5 com 3,4 m de profundidade e, finalmente, T5 está localizada no segmento mais a montante da encosta, a 30 m de T4 com 5,6 m de profundidade.

Para cada horizonte foram descritas cor, textura, estrutura, consistência e feições pedológicas seguindo o Manual Técnico de Pedologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007). A cor do solo foi descrita usando Munsell Soil Colour Charts (2000). Amostras representativas de cada horizonte foram coletadas. Três subamostras foram coletadas e misturadas para obter uma amostra composta. Um total de 19 amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e transportadas ao laboratório onde foram peneiradas para obter a fração TFSA (< 2 mm).

6.2 Ensaio de granulometria conjunta e de peneiramento

Os ensaios de granulometria, por densímetro, e da massa específica dos sólidos foram realizados no Laboratório de Geotécnica da UNESP Rio Claro e foram conduzidos de acordo com o protocolo de Ensaios de Laboratório da Escola de Engenharia de São Carlos (1995).

O ensaio granulométrico visa a obtenção dos valores de tamanho da partícula e sua porcentagem de ocorrência nas amostras a fim de traçar a curva granulométrica da amostra de solo.

Para iniciar as análises, foi realizado o pré-preparo das amostras por meio de secagem, destorroamento e peneiramento do solo para obtenção das partículas menores que 2 mm.

Lava-se 20 g de solo em uma peneira com 0,053 mm de diâmetro e após secagem, pesa-se a fração retida. Calcula-se a regra de três a partir da relação entre o material que passou pela peneira (argilas) de uma amostra de 20 g e a quantidade de finos da porção desejada, que deve ser de aproximadamente 55 g, para que por fim obtenha-se o peso da amostra que será utilizada na análise granulométrica conjunta (tabela 1).

Tabela 1: Determinação das quantidades das amostras a partir do pré ensaio.

Tradagem	Profundidade (cm)	Amostra	Retido na peneira (g)	Argila (g)	Amostras para análise granulométrica (g)
TR1	0 – 60	1	11,38	8,62	127
	60 – 140	2	10,89	9,11	121
	140 – 220	3	14,38	5,62	196

Tradagem	Profundidade (cm)	Amostra	Retido na peneira (g)	Argila (g)	Amostras para análise granulométrica (g)
TR 2	0 – 60	4	13,83	6,17	178
	60 – 140	5	13,33	6,67	165
	140 – 220	6	13,13	6,87	160
		7	13,82	6,18	178
TR 3	0 – 60	8	13,33	6,67	165
	60 – 140	9	12,86	7,14	154
	140 – 240	10	12,39	7,61	145
	240 – 300	11	13,07	6,93	159
TR 4	0 – 60	12	12,17	7,83	140
	60 – 100	13	11,54	8,46	130
	100 – 300	14	11,61	8,39	131
	300 – 340	15	13,4	6,53	168
TR 5	0 – 60	16	11,81	8,19	134
	60 – 80	17	11,59	8,41	131
	80 – 340	18	10,98	9,02	122
	340 – 560	19	13,29	6,71	164

Fonte: O autor, 2021.

Após definir a quantidade das amostras que serão utilizadas nos ensaios, separam-se estas em béqueres, adiciona-se o defloculante (hexametáfosfato de sódio) e mistura-se o conteúdo para desagregar as partículas menores. Em seguida deve-se deixar as soluções em repouso por no mínimo 12 horas e após este período, agita-se as amostras por 10 minutos com o auxílio de um dispersor. Posteriormente, lava-se com água destilada, sendo este material despejado em uma proveta de 1 L e destina-se o material retido na peneira à estufa para secagem pois este será utilizado no ensaio de peneiramento.

Para medir o tempo de sedimentação das partículas na mistura da proveta é necessário homogeneizá-las com o auxílio de um agitador e prontamente aciona-se o cronômetro para iniciar a contagem de tempo do ensaio. As leituras são realizadas a partir da introdução de um densímetro nas amostras em períodos de 2, 4, 8, 15, 30, 60, 120, 240 e 480 minutos.

A partir do ensaio de granulometria conjunta, pode-se obter os valores da massa de sólidos contidas na amostra, o diâmetro equivalente da partícula e a porcentagem de partículas menores a partir de um determinado tempo.

Tendo-se as variáveis, a massa de sólidos (M_s) contidas na amostra foi calculada da seguinte forma:

$$M_s = M_s(> 2,0) + M_s(> 0,075) + M_s(< 0,075)$$

Onde:

$M_s(> 2,0)$: Massa dos sólidos maiores que 2,0 mm (#10)

$M_s(> 0,075)$: Massa dos sólidos maiores que 0,075 mm (#200) e menores que 2,0 mm (#10)

$M_s(< 0,075)$: Massa dos sólidos menores que 0,075 mm (#200) e que não é conhecida.

O diâmetro equivalente da partícula (D_i) em mm foi obtido a partir da seguinte equação:

$$D_i = 0,005530 \times \sqrt{\left[\frac{\mu}{(\rho_s - \rho_w)} \times \frac{z}{t} \right]}$$

Onde:

μ : Viscosidade dinâmica da água, variável com a temperatura, em Pa

ρ_s : Massa específica das partículas menores que 2 mm, em g/m³

ρ_w : Massa específica da água, variável com a temperatura, em g/m³

z : Distância entre o centro de volume do bulbo do densímetro e a superfície da suspensão calculada através da curva de calibração do densímetro, em cm

t : Tempo decorrido desde o instante $t=0$ até a leitura realizada, em min.

O cálculo da porcentagem de partículas com diâmetros equivalentes menores do que o valor calculado com a equação anterior, foi obtida através do cálculo:

$$P(< D_i) = \frac{100}{M_s} \times \frac{\rho_s}{\rho_s - 1} \times [r(H) - r_w(H)]$$

Onde:

$P(< D_i)$: Porcentagem de partículas menores que D_i

ρ_s : Massa específica das partículas menores que 2 mm, em g/m³

M_s : Massa específica dos sólidos

$r(H)$: Leitura com o densímetro na suspensão, para T °C em t_i

$r_w(H)$: Leitura com o densímetro na água destilada, para T °C.

Para efetuar o ensaio de peneiramento utiliza-se as massas retidas lavadas e secas obtidas no preparo do ensaio de granulometria conjunta. Inicialmente pesa-se as frações de solo e em seguida transfere-se estas para o peneirador que vai movimentar cada amostra por 10 minutos. Para este projeto, utilizou-se o seguinte conjunto de malhas para separar as partículas em diferentes parcelas: #4 (4,76 mm), #10 (2,00 mm), #16 (1,19 mm), #30 (0,59 mm), #40 (0,42 mm), #50 (0,297 mm), #60 (0,250 mm), #100 (0,149 mm), #200 (0,074 mm) e #270 (0,053 mm). Por fim, pesou-se os grãos retidos em cada peneira em uma balança de precisão.

Para o peneiramento do material lavado, a diferença entre a massa de sólidos calculada antes e a massa seca após o ensaio representa a massa de sólidos com tamanhos menores que 0,075 mm durante a lavagem que passaram pela malha #200. Então após a obtenção da soma das massas das partículas retidas em cada peneira e no prato, pode-se calcular a porcentagem dos sólidos retidos na peneira ($P_r(\#i)$) com a seguinte fórmula:

$$P_r(\#i) = \frac{M_s(\#i)}{\Sigma M_s(\#i)} \times 100$$

Onde:

$P_r(\#i)$: Porcentagem retida na peneira i ou no prato

$M_s(\#i)$: Massa dos sólidos retidos na peneira i ou no prato

$\Sigma M_s(\#i)$: Soma das massas de sólidos retidos em cada peneira e no prato ou a massa inicial de sólidos.

A partir das porcentagens retidas em cada peneira e no prato, foi realizado o cálculo destas porcentagens acumuladas para obtenção do traçado da curva granulométrica das amostras.

6.3 Ensaio para obtenção da massa específica dos sólidos e calibração do picnômetro

A massa específica dos sólidos de um solo é função dos minerais constituintes e da porcentagem de ocorrência destes no solo. Trata-se de um valor que altera pouco com o decorrer do tempo por depender dos minerais constituintes do solo. Seu valor caracteriza os solos quanto aos valores de seus índices físicos em um determinado instante.

Para iniciar as análises, deixa-se as amostras de solo na estufa até secarem. Quando em temperatura ambiente, pesou-se 20 g, transferiu-se o material para o picnômetro com o

auxílio de um funil e adicionou-se água destilada até preencher o picnômetro de 100 ml. Para retirada do ar existente no frasco, aplicou-se pressão a vácuo por um período de 15 minutos, até a remoção de todas as bolhas de ar suspensas superficialmente.

Em seguida mede-se a temperatura do conteúdo do picnômetro com um termômetro para verificar se esta encontra-se dentro do intervalo de calibração (15 °C a 25 °C). Por fim, em uma balança determina-se o peso do conjunto do picnômetro, sólidos e água destilada.

A média representativa das massas específicas dos minerais componentes do solo, massa específica dos sólidos (ρ_s), foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\rho_s = \frac{M_s}{M_s - M_1 + M_2} \times \rho_w$$

Onde:

M_s : Massa de sólidos determinada no final do ensaio

M_1 : Massa de água, picnômetro e sólidos para uma temperatura T °C

M_2 : Massa de água e picnômetro obtida através da curva de calibração do picnômetro

ρ_w : Massa específica da água.

A realização do ensaio de massa específica dos sólidos dificilmente ocorre em temperatura constante de 20 °C, por este motivo é necessário realizar a calibração do picnômetro. Para tal, inicialmente deve-se determinar a massa do picnômetro seco e limpo. Em seguida, adiciona-se água destilada no picnômetro e aplica-se uma pressão à vácuo por 15 minutos para retirada das bolhas de ar nele contidos. Completa-se o volume de água destilada no picnômetro, mede-se a temperatura do conteúdo e se esta encontrar-se dentro do intervalo de calibração, pesa-se a massa do conjunto do picnômetro e água destilada.

Para a obtenção da massa do picnômetro e água destilada para qualquer temperatura entre 15 e 25 °C, utilizou-se a fórmula:

$$M_2(T) = \frac{\rho_w(T)}{\rho_w(T_0)} \times [M_2(T_0) - M(p)] + M(p)$$

Onde:

$M_2(T)$: Massa do picnômetro e água destilada a uma temperatura entre 15 °C e 25 °C

$\rho_w(T)$: Massa específica da água na temperatura T.

$\rho_w(T_0)$: Massa específica da água na temperatura T_0

$M_2(T_0)$: Massa do picnômetro, água destilada na temperatura T_0

$M(p)$: Massa do picnômetro seco.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Morfologia e distribuição dos horizontes na vertente

A descrição morfológica completa e atributos físicos estão apresentados na Tabela 2. O perfil T1 apresenta 5 conjuntos de horizontes que diferem principalmente pela cor. Em todos os horizontes foi descrita a mesma textura assim como a pedalidade pouco desenvolvida (maciço) exceto na base do perfil com o aparecimento de estruturas laminares saprolíticas com elevado grau de alteração. O horizonte superficial (0-80 cm) enriquecido com matéria orgânica transiciona de preto no topo para o cinza escuro na base. Abaixo (80-120 cm) a cor é cinza-avermelhada escura e se sobrepõe a uma delgada camada de solo com matriz vermelha escura (120-140 cm) que coincide com o nível de afloramento do freático. Abaixo (140-190 cm), o horizonte cinza avermelhado apresenta inúmeras pontuações vermelhas similares à camada anterior e, abaixo (190-220 cm) o cinza torna-se mais claro e aparecem as estruturas laminares saprolíticas muito alteradas.

Tabela 2: Propriedades morfológicas das escavações realizadas próximas da área úmida.

Perfil	Profundidade	Cor Úmida	Estrutura	Textura
TR1	0-20	Preto (5YR 2,5/1)	Granular fraca, úmido, pouco plástico	Franco argilo arenoso
	20-60	Cinza escuro (5YR 4/1)	Maciço, úmido, pouco plástico	Franco argilo arenoso
	60-80	Preto (5YR 2,5/1)	Maciço, úmido, pouco plástico	Franco argilo arenoso
	80-120	Cinza avermelhado escuro (2,5YR 3/1)	Maciço, não plástico	Franco argilo arenoso
	120-140	Vermelho escuro (10R 3/2)	Afloramento do nível freático	Franco argilo arenoso
	140-190	Cinza avermelhado (10R 6/1) com pontos vermelhos (10R 3/2)	Estrutura saprolítica laminar muito alterada, não plástico	Franco argilo arenoso
	190-220	Cinza claro (10R 7/1) com pontos vermelhos (10R 3/2)	Estrutura saprolítica laminar muito alterada, não plástico	Franco argilo arenoso
TR2	0-20	Preto (5YR 2,5/1)	Úmido, pouco plástico	Franco arenoso
	20-40	Cinza muito escuro (5YR 3/1)	Úmido, pouco plástico	Franco argilo arenoso

Perfil	Profundidade	Cor Úmida	Estrutura	Textura
TR2	40-60	Bruno escuro (7,5YR 3/2)	Úmido, não plástico	Franco argilo arenoso
	60-80	Vermelho escuro (2,5YR 3/2)	Maciço, úmido, não plástico	Franco argilo arenoso
	80-210	Cinza avermelhado escuro (2,5YR 4/1)	Maciço, úmido, não plástico	Franco argilo arenoso
	210-300	Matriz cinza avermelhado (10R 6/1) com 15% de manchas vermelhas (2,5YR 5/6) e vermelho-amarelado (5YR 5/8)	Estrutura saprolítica laminar muito alterada, afloramento do nível freático	Franco argilo arenoso
TR3	0-60	Bruno escuro (7,5YR 3/2)	Solo agrícola, presença de grãos de quartzo muito finos e lavados, úmido, não plástico	Franco arenoso
	60-140	Bruno (7,5YR 4/3)	Subestrutura micro agregada coesa, não plástico	Franco argilo arenoso
	140-240	Amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8) com manchas difusas amarelas avermelhadas (5YR 6/8)	Subestrutura micro agregada coesa, não plástico	Franco argilo arenoso
	240-300	Cinza brunado claro (2,5Y 6/2)	Pequenos volumes saprolíticos resistentes (5YR 5/8) com borda amarela viva, coeso, não plástico	Franco argilo arenoso
TR4	0-60	Bruno-avermelhado escuro (2,5YR 3/3)	Solo agrícola, muita areia fina quartzosa solta e alguns grãos maiores (1 mm), fragmentos de carvão	Franco arenoso
	60-100	Bruno-avermelhado (2,5YR 4/4)	-	Transição franco argilo arenoso
	100-300	Vermelho (2,5YR 4/6)	Raros grãos de quartzo lavado (< 1 mm), ligeiramente micro agregado	Franco argilo arenoso
	300-340	Vermelho (2,5YR 4/6)	Raros grãos de quartzo (< 1 mm), ligeiramente micro agregado, aparecem pequenos volumes saprolíticos resistentes (5YR 5/8)	Franco argilo arenoso
TR5	0-20	Bruno-avermelhado escuro (5YR 3/3)	Solo agrícola, areia quartzosa lavada e solta (0-5 cm), coeso, compacto, seco	Franco arenoso
	20-60	Bruno-avermelhado escuro (5YR 3/3)	Solo agrícola, com muita areia lavada, coeso, compacto, seco	Transição franco argilo arenoso
	60-80	Vermelho-amarelado (5YR 4/6)	Muita areia lavada, solo muito duro quando seco, coeso	Franco argilo arenoso

Perfil	Profundidade	Cor Úmida	Estrutura	Textura
TR5	80-340	Vermelho-amarelado (5YR 5/6)	Homogêneo, compacto, muito coeso quando seco, as manchas aparecem a partir de 190 cm	Franco argilo arenoso
	340-480	Matriz vermelha amarelada (5YR 5/6) com manchas difusas amarelo oliva (2,5Y 6/6) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8)	-	Franco argilo arenoso
	480-560	Matriz vermelha (2,5YR 4/8) com manchas difusas amarelo-oliva (2,5Y 6/6) e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8)	Argiloso, presença de seixos de quartzo (2,5 YR 4/8) a partir de 520 cm	Franco argilo arenoso

Fonte: O autor, 2021.

No perfil T2 ocorrem 4 conjuntos de horizontes. O horizonte superficial preto e cinza escuro é mais delgado (0-40 cm) que o desenvolvido no perfil T1 e se sobrepõe ao horizonte bruno escuro (40-60 cm), ambos com textura areno franco argilosa e maciço. Abaixo, a camada vermelha escura (60-80 cm) que se prolonga a partir do T1 se sobrepõe ao horizonte cinza avermelhado com pontuações vermelhas (80-210 cm). Este horizonte transiciona para o horizonte manchado (210-300 cm) composto por matriz cinza avermelhada com 15 % manchas vermelhas e vermelha-amarelada contendo estrutura laminar saprolítica muito alterada. O nível freático aflora a 150 cm. Todas as amostras apresentavam alto grau de umidade indicando a influência direta da área úmida na parte baixa da vertente.

Os perfis T3, T4 e T5 apresentam em comum o horizonte superficial agrícola (Ap entre 0-60 cm em todos os perfis) que varia de bruno escuro em T3 para bruno avermelhado escuro em T1. Destaque para a frequente ocorrência de grãos de quartzo soltos e lavados (fração areia) que se concentram em zonas centimétricas no interior do horizonte superficial e atinge 5 cm (0-5cm) de espessura em T1. Esta propriedade textural insere este horizonte na classe textural franco arenosa.

Em T3, o horizonte subsuperficial (60-140 cm) é bruno, maciço com subestrutura microagregada fraca. Abaixo (140-240 cm) aparece o horizonte manchado com matriz amarelo-avermelhada e manchas difusas amarela-avermelhadas. Abaixo (240-300 cm) a cor é cinza brunada com as estruturas saprolíticas laminares muito alteradas. O nível freático aflora a 210 cm de profundidade. Os horizontes abaixo do horizonte superficial têm em comum a textura franco argilo arenosa e a estrutura maciça com subestrutura microagregada pouco desenvolvida. Esta mesma estrutura é dominante nos horizontes subsuperficiais dos perfis T4 e T5. Estes

perfis (T4 e T5) apresentam a mesma organização e conjunto de 4 horizontes. Abaixo do horizonte superficial (60-80 cm em T1 e 60-100 cm em T2) há a transição progressiva para um horizonte espesso vermelho (80-340 cm em T1 e 100-300 cm em T2), maciço com microagregados fracamente desenvolvidos. Abaixo (300-340 cm), em T2 os pequenos volumes saprolíticos vermelho amarelado resistentes são encontrados na matriz vermelha, franco argilo arenoso com raros grãos de quartzo lavado (< 1mm).

Em T1, o horizonte da base do perfil (340-560 cm) apresenta no topo matriz vermelha-amarelada com manchas difusas amarelo-oliva e amarelo-avermelhado e transiciona gradualmente para a base apresentando matriz vermelha com as manchas difusas amarelo-oliva e amarelo-avermelhadas com estrutura saprolítica laminar muito alterada.

Avaliando a distribuição dos horizontes na vertente, o horizonte superficial se diferencia no segmento intermediário e de montante pela presença de textura mais arenosa e mudanças estruturais decorrentes da atividade agrícola. No caso da estrutura, o solo é preparado usando técnicas convencionais com arado, tratores e colheitadeiras que alteram a estrutura original do solo. Em relação à textura, o aumento da concentração de areia solta e lavada, formando pequenos núcleos arenosos no interior da matriz com textura mais fina e o desenvolvimento de uma camada superficial arenosa e solta indica degradação por processos de erosão hídrica que é desencadeada pela intensificação do uso da terra e prática de manejo agrícola que deixa o solo descoberto e suscetível à forte insolação e impacto de chuvas fortes.

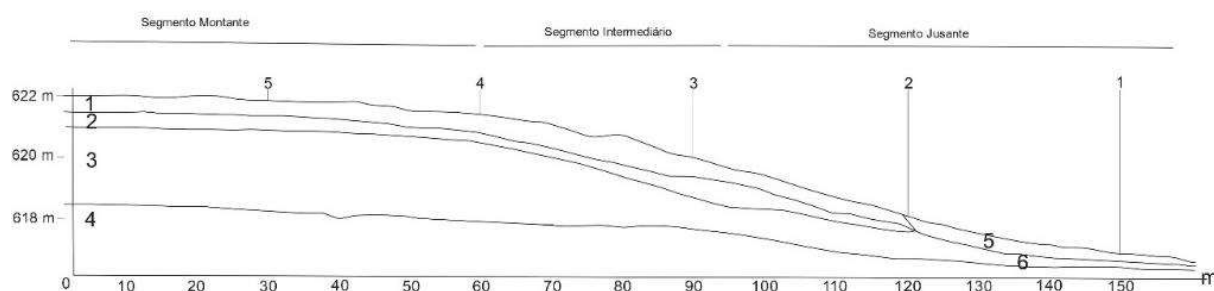
No segmento da baixa vertente, o enriquecimento de matéria orgânica no horizonte superficial indica a influência da expansão sazonal da área úmida considerando que a matéria orgânica. O nível freático elevado influencia as propriedades do solo na vertente. Nos perfis T1 e T2 a sequência de horizontes superficiais enriquecidos com matéria orgânica sobreposto aos horizontes com matriz cinza e mosqueados consistem em feições de solos sob inundação ou saturação periódica (Vepraskas e Lindbo, 2012). O mosqueado é a propriedade comum aos horizontes da base dos perfis que apresenta feições saprolíticas muito alteradas. Acima deste nível, nos perfis T3, T4 e T5, a cor e a estrutura do solo em subsuperfície indicam material evoluído em condições de boa drenagem interna. Lateralmente, a transição de cor de vermelho (T1 e T2) para amarelo-avermelhado (T3) representa o aumento da hidratação do solo.

As mudanças de cor em uma sequência solo laterítico nas partes elevadas do relevo com solo hidromórfico nas partes baixas determinam transformações estruturais e remobilização do ferro. A transformação do solo induz à reorganização das partículas minerais pelo excesso de água nos poros provocando o abaixamento da superfície topográfica, e mudam

as cores da matriz através da diminuição do croma e aumento do valor Munsell indicativo de ambientes oxido-redutores decorrente da redução do $\text{Fe}^{(\text{III})}$ para $\text{Fe}^{(\text{II})}$, remobilizado ou eliminado da matriz do solo (Veprsakas e Lindbo, 2012).

A partir das coletas em campo e da análise granulométrica pode-se observar que à montante da área úmida a predominância é de Latossolos e à jusante prevalece o solo do tipo Gleissolo (Figura 3).

Figura 3: Topossequência dos solos da área de estudo.



(1): Solo agrícola, franco arenoso, bruno avermelhado escuro; (2) Transição, franco argilo arenoso, vermelho-amarelado; (3) Franco argilo arenoso, maciço com subestrutura microagregada fraca, vermelho amarelado; (4) Manchado, franco argilo arenoso, maciço com estrutura saprolítica na base; (5) Franco argilo arenoso, granulado fraco a maciço, preto a cinza muito escuro; (6) Franco argilo arenoso, maciço, cinza muito escuro à cinza avermelhado com pontuações vermelhas.

Entre os intervalos de 120 a 150 m, tem-se solos da classe dos Gleissolos. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018), os Gleissolos são formados principalmente por meio de sedimentos, estratificados ou não, e se encontram permanente ou periodicamente saturados por água. Por este motivo, trata-se de um ambiente que parcialmente pode estar livre de oxigênio, reconhecido pelos com matrizes de cores neutras (acinzentadas, azuladas ou esverdeadas) ou precipitação de compostos ferrosos em função da redução e solubilidade do ferro.

Os solos Glei se desenvolvem nas proximidades dos corpos d'água sujeitos a condições de hidromorfia. Estes solos mal drenados apresentam horizonte superficial acinzentadas ou pretas entre 10 cm e 50 cm, teores médios a altos de carbono orgânico e ocorrem sob vegetação hidrófila herbácea, arbustiva ou arbórea (EMBRAPA, 2018).

Coringa et. Al (2012) mencionam o quanto a inundação periódica diminui o potencial eletroquímico do solo, propiciando a alternância das condições de oxidação e redução do ferro nesse meio. Desta forma, quando o ferro é segregado em solos hidromórficos, são geradas zonas

enriquecidas com este elemento que produzem a coloração característica destes perfis. Os mesmos autores também esclarecem que a cor escurecida dos solos saturados com água ocorre devido a menor mineralização da matéria orgânica em meio anaeróbio.

Entre 30 e 120 m, há a presença de Latossolos. Estes solos são muito evoluídos e intemperizados em decorrência do elevado intemperismo e pedogênese. Bem drenados ou imperfeitamente drenados quando há níveis de gleização e distribuídos por amplas e antigas superfícies de erosão ou terraços fluviais antigos em relevo plano e suave ondulado.

Os Latossolos geralmente possuem perfis muito profundos e com pouca diferenciação entre os horizontes e transições usualmente difusas ou graduais. Nos horizontes A e B as cores variam de acordo com a natureza, forma e quantidades dos constituintes minerais (óxidos e hidróxidos de ferro) sujeitos ao regime hídrico e drenagem do solo e se a hematita é herdada ou não. O horizonte C apresenta uma natureza mais saprolítica ou do sedimento. Além disso, os teores da fração de argila aumentam gradativamente com a profundidade ou permanecem constantes ao longo do perfil (EMBRAPA, 2018).

A partir da análise granulométrica dos solos (Tabela 3) pode-se observar que a porcentagem de areia nas amostras se distribui entre 53% e 71%. Os solos nos horizontes superficiais, entre 0 e 100 cm, são as que apresentam maior quantidade de areia e variam entre 55% e 71%.

A presença de areia média se mostrou predominante nos perfis T1, T2 e T3, entretanto estas porcentagens são próximas aos dos valores da areia fina. Já nos perfis T4 e T5 os valores de areia fina são maiores que o de areia média, mas também são porcentagens com valores próximos.

Os valores de areia grossa foram os mais baixos na análise granulométrica, sendo 9% o mais alto (em T3 entre 0,6 e 1,4 m de profundidade) e 2% o mais baixo (em T4 entre 0,6 e 1,0 m de profundidade).

Os valores de silte variaram entre 8% (em T3 entre 0,6 e 1,4 m de profundidade) e 22% (em T5 entre 4,8 e 5,6 m de profundidade) e as porcentagens de argila variaram entre 17% (em T2 entre 0 e 20 m) e 30% (em T1 entre 0 e 20 m). A relação silte/argila apresentou a maioria dos resultados próximas a 0,5.

A porcentagem das frações granulométricas é relevante pois certas características vão influenciar nas dinâmicas dos solos. Quando se trata das areias, Brady (1989) demonstra que é significativo salientar sua reduzida capacidade de retenção de água devido ao grande espaçamento entre as partículas granulométricas irregulares, desta forma é rápida a passagem

de ar e água. Em vista disto, deve-se levar em consideração que durante um evento pluvial, o impacto da chuva na superfície do solo causa a dispersão das argilas de agregados, são lavadas das areias e formam um selo superficial de baixa porosidade e continuidade de poros que restringem a infiltração e aumentam o escoamento superficial, criando-se assim circunstâncias favoráveis para ocorrência de erosão hídrica (SCHÄFER et. Al, 2001).

Tabela 3: Propriedades do solo das escavações próximas da área úmida.

Perfil	Profundidade	Areia (%)			Silte (%)	Argila (%)	Silte/Argila
		AG ⁽¹⁾	AM ⁽²⁾	AF ⁽³⁾			
TR1	0-20	4	26	25	15	30	0,50
	20-60	-	-	-	-	-	-
	60-80	4	26	23	19	28	0,67
	80-120	-	-	-	-	-	-
	120-140	-	-	-	-	-	-
	140-190	6	34	27	11	22	0,50
	190-220	-	-	-	-	-	-
TR2	0-20	4	40	27	12	17	0,70
	20-40	-	-	-	-	-	-
	40-60	-	-	-	-	-	-
	60-80	4	36	28	11	21	0,50
	80-200	4	35	27	11	23	0,47
	200-300	6	32	26	13	23	0,50
TR3	0-60	4	34	31	13	18	0,72
	60-140	9	32	27	8	24	0,33
	140-240	4	30	28	12	26	0,46
	240-300	4	29	28	13	26	0,5
TR4	0-60	3	30	31	17	19	0,89
	60-100	2	27	30	15	26	0,57
	100-300	3	24	30	16	27	0,50
	300-340	2	24	30	21	23	0,90
TR5	0-20	3	22	43	14	18	0,77
	20-60	-	-	-	-	-	-
	60-80	3	27	31	13	26	0,50
	80-340	3	26	30	15	26	0,57

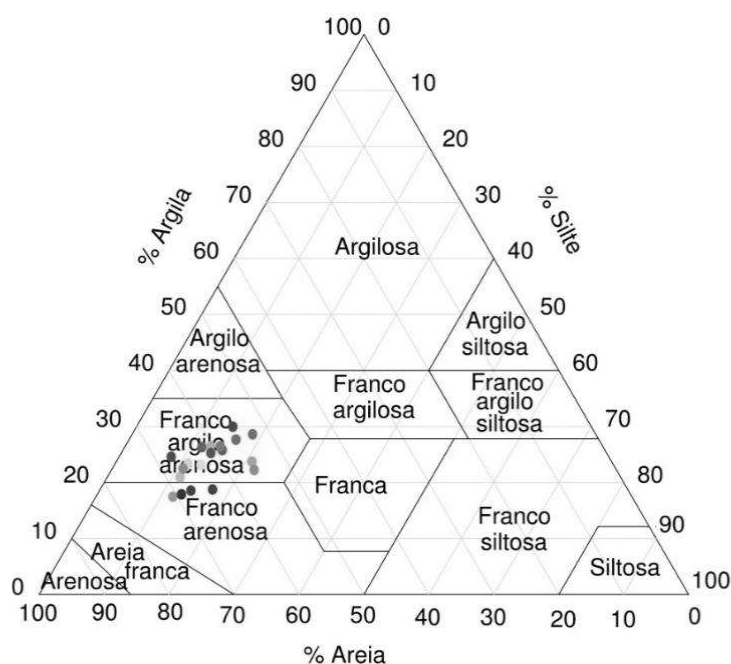
Perfil	Profundidade	Areia			Silte (%)	Argila (%)	Silte/Argila
		AG ⁽¹⁾	AM ⁽²⁾	AF ⁽³⁾			
TR5	340-480	-	-	-	-	-	-
	480-560	4	24	28	22	22	1,0

AG⁽¹⁾: Areia grossa, AM⁽²⁾: Areia média, AF⁽³⁾: Areia fina.

As classes texturais das amostras coletadas em campo estão arranjadas no triângulo textural (Figura 4) mediante análise granulométrica.

Em geral a textura dos solos estudados compreende a classe franco argilo arenosa. Porém as tradagens nos horizontes superficiais (de 0 a 60 cm) foram enquadradas como franco arenosa, exceto na TR 1 próxima da área úmida.

Figura 4: Triângulo textural das amostras de solo da área de estudo.



Legenda:				
TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	TR 5
● 0 - 60 cm	● 0 - 60 cm	● 0 - 60 cm	● 0 - 60 cm	● 0 - 60 cm
● 60 - 140 cm	● 60 - 140 cm	● 60 - 140 cm	● 60 - 100 cm	● 60 - 80 cm
● 140 - 220 cm	● 140 - 220 cm	● 140 - 240 cm	● 100 - 300 cm	● 80 - 340 cm
	● 220 - 300 cm	● 240 - 300 cm	● 300 - 340 cm	● 340 - 560 cm

Fonte: O autor, 2021.

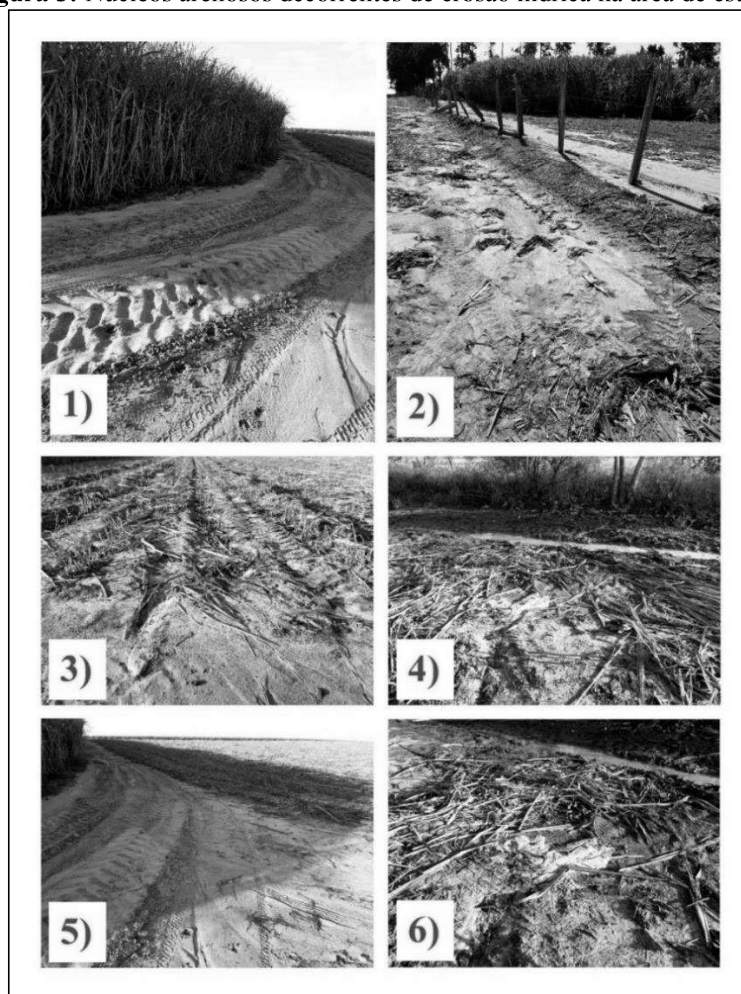
A textura é uma propriedade de suma importância pois está diretamente relacionada com a erodibilidade dos solos, juntamente com a estrutura, teor de matéria orgânica, teor de óxidos de ferro e alumínio, umidade e grau de intemperismo

7.2 Influência da erosão hídrica na textura dos solos superficiais

Em campo pode-se notar próximo da área úmida a presença de núcleos arenosos resultantes do processo de erosão hídrica relacionada com forte escoamento superficial de água da chuva (Figura 5).

Pode-se verificar os núcleos arenosos principalmente nas imagens 1, 2 e 5 entre a separação do plantio em seções, na imagem 3 que evidencia a areia exposta na área plantada e nas imagens 4 e 6 que ficam à jusante da área úmida.

Figura 5: Núcleos arenosos decorrentes de erosão hídrica na área de estudo.



Fonte: O autor, 2021.

Por se tratar de um relevo suave com solo descoberto e intensivamente usado para a agricultura, no período de verão (entre os meses de outubro a março) quando há ocorrência de chuvas concentradas, as partículas finas são facilmente dispersas e transportadas para jusante, em direção à área úmida. A área úmida localizada em posição de interflúvio está isolada e circundada por topografias mais elevadas e, portanto, torna-se o centro de convergência de fluxo hídrico superficial e subsuperficial.

Em áreas agrícolas é comum o uso de técnicas que modificam as condições físicas do solo para favorecer o crescimento das raízes e incorporar corretivos de acidez ou fertilizantes. Quando o solo se encontra compactado é utilizada a técnica de subsolagem, que possui a finalidade de aumentar a aeração, infiltração de água e resistência do solo por meio do revolvimento da camada subsuperficial do solo (EMBRAPA, 2004).

Brady (1989) esclarece que o efeito imediato da subsolagem é benéfico, pois aumenta o espaço dos poros e favorece a decomposição dos resíduos agrícolas que foram cortados e incorporados no solo com o auxílio da técnica. Entretanto o autor aponta que a curto prazo a área fica suscetível à erosão hídrica por causa presença de um solo frouxo e exposto após revolvimento. Por fim, mesmo autor também constata que os efeitos da subsolagem a longo prazo podem provocar a aceleração da redução dos compostos orgânicos presentes no solo, causando a diminuição nos montantes de matéria orgânica de forma acelerada, modificando a estabilidade dos agregados.

A presença solo com textura arenosa facilita o desencadeamento do processo por ser pouco estruturado e mais suscetível ao impacto das gotas de chuvas que dispersam as partículas, facilitam o transporte das mais finas e contribuem para gerar manchas com areia quartzosa soltas depositadas na superfície do solo.

De acordo com Lal (2019), as consequências provenientes da erosão hídrica são diversas. No local em que ocorre a degradação há a diminuição das propriedades e dos processos importantes para a manutenção dos solos. Quando transportados, o material erodido causa assoreamento nos cursos d'água, poluição de fonte difusa, emissão e diminuição da qualidade da água.

Os efeitos diretos decorrentes da degradação dos solos alteram a profundidade do perfil e removem a camada superficial do solo, juntamente com o carbono orgânico nele contido. Já os fatores indiretos da erosão hídrica envolvem a perda de propriedades do solo, nutrientes e água, além de dificultar o enraizamento e crescimento de plantas. Das propriedades do solo afetadas enquadram-se modificações na estrutura e concentração de gases no ar e solo, alteração

na temperatura e regime de umidade por causa das mudanças de calor, declínio da capacidade de retenção de nutrientes, água e atividade biótica (LAL, 2019).

Ainda fazendo alusão ao trabalho de Lal (2010), deve ser mencionado que as mudanças do uso da terra que levam a processos de degradação do solo causam impacto no ciclo do carbono e simultaneamente emitem gases de efeito estufa. As partículas de solo agregadas protegem o carbono orgânico da decomposição, porém nos primeiros estágios da erosão em que há desagregação destas ocorre a liberação do carbono para a atmosfera.

O solo agrícola pode compactar-se a longo prazo, ou seja, seu volume não saturado diminui decorrente da pressão externa aplicada pelo tráfego maquinário. A partir disto, Richart et. Al (2005) relacionam a compactação dos solos com a mudança na taxa de infiltração de águas, a redução da macroporosidade e condutividade hidráulica. Assim sendo, os autores explicam que os micros poros são responsáveis pela retenção de água e solutos no solo, enquanto os macros poros influenciam diretamente na capacidade de infiltração, drenabilidade do solo e aeração. Além disso, os autores citam que o teor e o tipo de argila também afetam o funcionamento compressivo do solo, determinando a profundidade de transmissão e a permanência da compactação.

Em suma, apesar das evidências de erosão hídrica constatadas no local de estudo devido a presença de núcleos arenosos à vertente, ainda é necessário unir outras áreas de conhecimento para relacionar se o diâmetro da área úmida vem diminuindo ao longo dos anos por causa de assoreamento.

8. CONCLUSÃO

A caracterização morfológica apontou a presença de solos pouco drenados próximos da área úmida e à montante os solos são bem drenados.

Através do ensaio granulométrico pode-se constatar que os solos superficiais (0 – 60 cm) apresentam as maiores frações de areia, sendo a porcentagem mais elevada em TR2 com 71% e a menos elevada em TR1 com 55%. Foi possível observar que nas três tradagens à jusante da área úmida há predominância de areia média e à montante da área de estudo, a maior fração é de areia fina.

Por se tratar de um solo agrícola, este apresentou sinais de erosão superficial e carreamento de partículas de argila por erosão hídrica que levaram ao aumento da concentração de areia em superfície. Também foi observado o transporte de areia na vertente, possivelmente em eventos de maior precipitação.

Em suma, apesar das evidências de erosão hídrica constatadas no local de estudo devido a presença de núcleos arenosos proeminentes à jusante, ainda é necessário unir outras áreas de conhecimento para relacionar se o diâmetro da área úmida vem diminuindo ao longo dos anos por causa de assoreamento. É necessário também verificar se a área de proteção permanente contribuiu para uma maior proteção do entorno da área úmida, amenizando a velocidade do escoamento superficial que carrega consigo as partículas de solo que vão em direção à área úmida. É fundamental também que pesquisas sejam feitas para verificar o comportamento da área úmida com as dinâmicas de escoamento superficial e subsuperficial, assim como a influência da área de estudo sobre o aquífero.

O levantamento de dados detalhado e a união de informações sobre a área úmida estudada, possibilitará uma melhor caracterização e esclarecimentos sobre as funções ambientais da área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. De Fundamentos Geológicos Do Relevo Paulista. **Boletim Instituto Geográfico E Geológico**, 41, 167-263, 1964.

BEZERRA, S.A.; CANTALICE, J.R.B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.3, p.565-573, 2006.

BJORNBERG, A. J. S., LANDIM, P. M. B. Contribuição ao estudo da formação rio claro (neoceno-zóico). **Boletim Sociedade Brasileira de Geologia**. São Paulo, 15, 4, 43-67, 1966.

BONOTTO, D. M.; MANCINI, L. H. Estudo hidroquímico e isotópico dos aquíferos de Rio Claro (SP). **Geochim. Brasil**, 6(2), 1992.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Livraria Freitas Bastos, 7.ed. Rio de Janeiro, 1989.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro.

CARDOSO-LEITE, E. et al. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em Rio Claro/SP, como subsídio à recuperação da área. **Revista Inst. Flor**, São Paulo, v. 16, n.1, p. 31-41, jun. 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H; SOUSA, J. L.; PROCHNOW, C. A. C. Análise da variabilidade da precipitação, temperatura e umidade relativa mensal no período de 1991 a 2002, na área urbana de Rio Claro. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina, 2005, São Paulo. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, Universidade de São Paulo: 2005. p. 15165-15184.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **ACTA Amazonica**, v. 42 (1), p. 19-28, 2012.

CORRÊA, E.A.; MORAES, I. C.; LUPINACCI, C.M.; PINTO, S.A.F. Influência do cultivo de cana-de-açúcar nas perdas de solo por erosão hídrica em cambissolos no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.19, n.2, p.231-243, 2018.

CORRÊA, E.A.; MORAES, I. C.; LUPINACCI, C.M.; PINTO, S.A.F. Perdas de Solo, Razão de Perdas de Solo e Fator Cobertura e Manejo da Cultura de Cana-de-Açúcar: Primeira Aproximação. **Revista do Departamento de Geografia**, v.32, p.72-87, 2016.

COTTAS, L.R. - 1983. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro - SP**. São Paulo, SP. 171 p., 2 v. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/ USP), 1983.

CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e dos seus macrohabitats**. Cuiabá: Editora da Universidade Federal do Mato Grosso, 2015.

ECOSBIO. **Diagnóstico ambiental e desenvolvimento de sistemas de implementações de projetos de recuperação da qualidade dos corpos d'água do município de Rio Claro/SP.** Rio Claro, 2014. Disponível em <https://www.rioclaro.sp.gov.br/pd/arquivos/VolumeII Levantamento.pdf>>. Acessado em 16 de março de 2021.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; SCOPEL, I.; GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo laterítico Bruno Avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.1, p.117-125, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivo da Videira - Manejo de solo.** Disponível em: <http://www.cpatas.embrapa.br:8080/sistema_producao/spvideira/solo.htm>. Acesso em: 14 de março de 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5.ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

FERREIRA, S. R.; CHANG, M. R. C. Datação das formações Rio Claro e Pirassununga por termoluminescência. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, 61(2): p.129-134, abr. jun. 2008.

GAMA JR, E.G. A sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati): um modelo geomórfico. **Revista Brasileira de Geociências**, 9 (2): 1-16, 1979.

GARBIATE, M. V., et Al. Erosão entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 35, p 2145-2155, 2011.

GUASSELLI, L. A. **Áreas úmidas: questões ambientais.** 1 ed. Rio Grande do Sul: Editora Imprensa Livre, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Pedologia.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2007.

IRIGARAY, C. T. J. H. Áreas úmidas especialmente “des” protegidas no direito brasileiro: o caso do Pantanal Mato-Grossense e os desafios e perspectivas para sua conservação. **Anais 3º Congresso Amazônico de Desenvolvimento Sustentável**, Cuiabá, Mato Grosso, n. 34, v. 17, p. 203-225, 2015.

IUSS Working Group WRB, 2014. **World Reference Base for Soil Resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps.** World Soil Resources Reports, 106. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

JUNK, et al. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, 2013.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L.D.; BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; CUNHA, N.C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A.A.; NÓBREGA, R.L.B.; CAMARGO, E. **Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats**. Parte I: Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. In: CUNHA, C. N.; PIEDADE, M.T.F.; JUNK, W. J. Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats. Cuiabá: EdUFMT, 2015. 165 p

LAL, R. Accelerated Soil erosion as a source of atmospheric CO₂. **Soil & Tillage Research**, v. 188, p. 35-40, 2019.

LIN, H. Earth's Critical Zone and hydropedology: concepts, characteristics, and advances. **Hidrology and Earth System Sciences**, n. 14, p. 25-45, 2010.

MACHI, D.A.; CUNHA, C.M.L. Análise do relevo da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (Rio Claro-SP) e circunvizinhanças: subsídio para a avaliação da área de entorno. **In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference of Geomorphology**, 2006, Goiânia. Geomorfologia Tropical e Subtropical: Processos, Métodos e Técnicas. Goiânia: Universidade Federal de Goiânia, 2006.

MITSCH, W.J.; GOSSELINK, J.G. **Wetlands**. 5.ed. New Jersey, US: John Wiley & Sons, Inc. 2015.

Munsell Soil Color Company, 2000. **GretagMacbeth Corporation**, New Windsor, New York, USA.

NOGUEIRA, J. B. **Mecânica dos Solos – Ensaio de Laboratório**. São Carlos: EESC-USP, 2005.

OLIVA, A. **Estudo Hidrofaciológico do aquífero Rio Claro no Município de Rio Claro-SP**. Dissertação (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO. **Diagnóstico ambiental e desenvolvimento de sistemas de implementações de projetos de recuperação da qualidade dos corpos d'água**. v. 1. Rio Claro, 2014.

PEJON, O.J.; RODRIGUES, V.G.S.; ZUQUETTE, L.V. **Impactos Ambientais sobre o Solo**. In: CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. (Coordenadores). Engenharia Ambiental - Conceitos, Tecnologia e Gestão. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

PUGLIESI, A.C.V. **Valoração econômica pelo método custo de reposição do efeito da erosão em sistemas de produção agrícola**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

PUPIM, F. N. **Aspectos fisiográficos do município de Rio Claro/SP**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

RICHART, A. R.; FILHO, J. T.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 26, n. 3, p.321-344, 2005.

ROSOLEN, V.; DE OLIVEIRA, D. A.; BUENO, G. T. Vereda and Murundu wetlands and changes in Brazilian environmental laws: challenges to conservation. **Wetlands ecology and management**, v. 23, n. 2, p. 285-292, 2015.

ROTTA, C.M.S. **Estudo da recuperação de áreas degradadas por processos erosivos: procedimentos e eficiência dos métodos**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SANTOS, et al. Gênese e Classificação de solos numa topossequência no ambiente de mar de morros do médio vale do Paraíba do Sul, RJ. *Rev. Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1297-1314, 2010.

SCHÄFER, M. J.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; CASSOL, E. A. Erosão em entressulcos em diferentes preparos e estados de consolidação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p 431-441, 2001.

SCHNEIDER, R. L., MUHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R. A., DAEMON, R.F., NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia Do Paraná. **In: Congresso Brasileiro Geologia**, 28, Porto Alegre, 1, pp. 41-65.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO – Instituto de Economia Agrícola (IEA). **Cana-de-açúcar: produção e processamento em 2019**. São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://www.ica.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14767>>. Acesso em dez 2020.

SILVA, G.R.V. **Erosão em entressulcos em área cultivada com cana-de-açúcar e a relação com a quantidade de palha em superfície**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

SILVA, M.L.N.; FREITAS, D.A.F.; CÂNDIDO, B.M.C.; OLIVEIRA, A.H. **Manejo e conservação de solo e da água – Guia de estudos**. Lavras: UFLA, 2015.

SIEFERT, C. A. C. **Delimitação de áreas hidrologicamente sensíveis por meio de modelagem de processos e da relação solo-vegetação em ambientes hidromórficos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Paraná – Departamento de Geografia, 2012.

SILVA, V. F.; DEFANTE, L. R.; VILPOUX, O. Impacto do novo código florestal na produção de cana-de-açúcar. **Anais 2º Seminário Internacional de Integração e Desenvolvimento Regional**, Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, p. 233–247, outubro de 2014.

Sparovek, G., and E. Schnug. Temporal erosion-induced soil degradation and yield loss. **Soil Science Society of America Journal**, 65, p.1479–1486, 2001.

TANDEL, R. Y. **Contribuição ao estudo da poluição provocada no aquífero freático e no solo pelo aterro controlado da cidade de Rio Claro (SP)**. Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1998.

YAMADA, D. T. **Caracterização Geológico-Geotécnica aplicada à instalação de postos de combustíveis em Rio Claro (SP)**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. 2000. 189 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

ZUQUETTE, L.V.; CARVALHO, J.A.R.; YAMANOUTH, G.R B. Feições erosivas na bacia do córrego do Espraiado, São Pedro (SP), seus tipos e evolução entre 1972-2002. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 37. p. 414-425. 2007.