

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO – PPG SOLOS

ANÁLISE DE RELEVO NA DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM SOLOS
DE RESTINGA DO LITORAL PARANAENSE

Discente: Thalia Alves Ferreira

Orientador: Jairo Calderari de Oliveira Junior

Linha de pesquisa: Pedologia e sua interface com geotecnologias.

Área de concentração: Gênese e morfologia de solos: processos pedogenéticos, relação solo-paisagem, classificação e distribuição espacial de suas características.

CURITIBA – PR
Setembro de 2022

RESUMO

O solo é um dos elementos da paisagem que está em quase toda sua extensão e que guarda uma estreita relação com o relevo, principalmente considerando a dinâmica de seus componentes e processos de formação. Entre os componentes do solo que são intensamente influenciados pelo relevo está a matéria orgânica, considerando suas diversas formas, bem como teores e grau de decomposição. Os solos de restinga têm como característica o material de origem proveniente de sedimentos marinhos, constituídos essencialmente por grãos de tamanho areia, sendo quartzo o principal mineral. Essa propriedade permite uma grande mobilidade da matéria orgânica no perfil de solo, tanto vertical como lateralmente. Em certos casos a permanência da matéria orgânica em algumas partes do perfil e formação do horizonte B espódico é atribuída a sua complexação com Fe e/ou Al. Todavia, poucos trabalhos abordam o papel do relevo no comportamento da matéria orgânica e sua relação com aspectos hidrológicos do solo e a consequente formação dos horizontes espódicos em restinga. Este projeto tem por objetivo elaborar um modelo da relação do relevo com e a matéria orgânica em Espodossolos da restinga do Litoral Paranaense assim como identificar a relação do relevo com fluxos hídricos e os atributos do horizonte B espódico. Para tanto, serão analisadas 3 topossequências de um Espodossolo no Parque Estadual do Palmito, em Paranaguá (PR). O relevo será caracterizado por meio de levantamento topográfico com o auxílio de Drone Phantom 4, voando a uma altura de 100 m, com velocidade de 10 m s⁻¹. O horizonte espódico será identificado por meio de perfis, realizando também a sua caracterização por análises físicas (granulometria, densidade do solo e condutividade hidráulica), químicas (teor de carbono orgânico) e fracionamento químico da matéria orgânica (ácido húmico, ácido fúvico e humina). Espera-se com esta pesquisa gerar um modelo da relação solo-relevo na gênese do horizonte B espódico bem como compreender a dinâmica da matéria orgânica sob influência do relevo profundidade fluxos hídricos.

Palavras chave: Carbono. Bioma. Pedogênese. Paisagem. Espodossolo.

1 INTRODUÇÃO

O Parque Estadual do Palmito está inserido no bioma restinga. De acordo com o Código Florestal de 2012, Lei 12.651/12 artigo 3º inciso XVI, a restinga

está disposta paralela à margem litorânea, originada por deposição de material arenoso no qual apresenta fluxo marinho que influencia diretamente os organismos vivos que habitam neste ambiente com vegetação em diferentes estágios como arbóreo, arbustivo e/ou herbáceo.

Para Machado e Pinto (2017), a área onde se estabelece o Parque Estadual do Palmito está sob depósitos de sedimentos marinhos recentes e de planície costeira, além de apresentar depósitos fluviais associados aos manguezais formados no Quaternário pelas oscilações do nível do mar.

Estes sedimentos marinhos dão condições para o processo de podzolização, onde há a iluviação de matéria orgânica da superfície para subsuperfície, o que no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS – EMBRAPA, 2018), é diagnóstico da classe dos Espodossolos. Outros sistemas de classificação internacionais, como o Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) e o World Reference Bases for Soil Classification (WRB-FAO, 2022), também descrevem o processo de podzolização como a liberação (eluviação) de elementos como Fe, Al e matéria orgânica dos horizontes A e E, originando o horizonte B iluvial com granulação mais fina. Contudo, no SiBCS o horizonte espódico pode ser diferenciado entre húmico (Bh), ferrilúvico (Bs) ou a combinação de ambos como Ferrihumilúvico (Bsh/Bhs) sendo que para a distinção entre eles é baseada somente na cor segunda a carta de cores de Munsell (Lepsch, 2010).

Estes solos possuem drenagem variável, são pouco férteis, há predomínio da fração areia e quartzo causados pelo material de origem, pela grande umidade presente em climas tropicais ou subtropicais e no caso deste estudo está diretamente associado a vegetação de Restinga (Santos et al., 2018).

Por estarem em posição mais baixa na vertente, por sua gênese e diferenças no horizonte diagnóstico, o Espodossolo pode apresentar hidromorfismo variado e originar ortsteins (horizontes cimentados) que são capazes de modificar o fluxo de água, tanto vertical como lateralmente na paisagem (Heberle, Almeida & Torrado 2020 e Pilar, 2021).

Horbe, Horbe, e Suguio (2004) concluíram em sua pesquisa realizada no nordeste do Estado do Amazonas que a associação da litologia (formação Alter do Chão), geomorfologia, saturação da água e decomposição da matéria orgânica no decorrer de uma vertente, contribuem para formação de Espodossolos. De forma similar, Queiroz Neto (2003) afirma que a pedogênese

e morfogênese estão intimamente relacionadas e, em ocasiões específicas, podem ocorrer simultaneamente já que ambos para acontecerem precisam passar pelo intemperismo.

A matéria orgânica é um dos elementos fundamentais da paisagem assim como da formação do solo. A matéria orgânica do solo (MOS) age mediante domínios biológicos, físicos e químicos do solo, é primordial para fertilidade e produtividade do solo, reservatório de energia e nutrientes, ou seja, a MOS é um componente fundamental para o desempenho do ecossistema (Leite, 2004).

Dentre seus diversos conceitos a MOS pode ser definida como material biológico localizado dentro solo (resíduo superficial são excluídos) em estado vivo (biomassa microbiana e da fauna edáfica) ou morto (matéria orgânica dissolvida, particulada e humificada) que atravesse uma peneira de malha com 2 mm (Dick, Novotny, Dieckow & Bayer, 2009).

Sua compartimentalização (MOS) se dá pela biomassa microbiana que representa a parte viva atuante na estruturação do solo, como fonte e dreno de nutrientes assim como na degradação de agrupamentos orgânicos. Já a fração leve sofre interferência de temperatura, pH, umidade, mineralogia, dentre outros que se alteram mediante o uso e manejo do solo; sua composição se assimila aos tecidos vegetais e é importante para plantas pois auxilia na ciclagem de nutrientes. Por fim as substâncias húmicas como lignina, polissacarídeos, etc, possuem estruturas resistentes a decomposição e são fonte e dreno de nutrientes assim como a biomassa microbiana, se difere dessa pois sua ciclagem e nutrientes é mais rápida (Leite, 2004).

A MOS dispõe de funções biológicas como fonte de Carbono, energia e reserva de macronutrientes (C, H, O, N, P, S) onde a matéria orgânica particulada (MOP) ocupa papel de destaque, além disso, sua interação com o ecossistema é resiliente ao passo que se tem um maior estoque de MO. Das funções físicas a MOS pode atuar como agente cimentante, conforme descrito por Pilar (2021) para a área de estudo do presente projeto. Este autor também sugere que a MOS na formação de horizontes cimentados (ortstein) é responsável pela restrição à drenagem da água, resultando na formação de corpos rios ou afloramento do lençol freático. A MOS também atua na formação de agregados, na aeração, retenção e infiltração da água e dependendo do tipo de solo essa estrutura permite um maior desenvolvimento radicular, imobilização

de nutrientes e mineralização. Por fim em sua função química a MO tem capacidade de troca de cátions, complexação de cátions inorgânicos e poder tampão (Roscoe, Mercante & Salton, 2006).

A biomassa microbiana é fator de controle de acúmulo e decomposição da MOS, atuando como regulador do deslocamento de massa e fluxo de energia e nutrientes e é influenciada pelas condições do ambiente. O uso e manejo do solo influenciam diretamente a biomassa microbiana do solo o que pode estimular ou adiar o processo de decomposição, mineralização e humificação (Roscoe, Mercante, Mendes, Júnior, Santos & Hungria, 2006).

No início do processo de decomposição, a matéria orgânica produz (em maior ou menor intensidade) ácidos fúvicos, húmicos e/ou húmicos no grau de menor a maior decomposição, respectivamente. Posteriormente a matéria orgânica sucede a translocação para os horizontes subsuperficiais, processo que é facilitado pela textura do solo, já que a areia não interage com a matéria orgânica da mesma forma que a argila. Essa translocação pode ser interrompida ao encontrar o lençol freático, que age como uma barreira física, resultando no acúmulo desse material em determinada profundidade e formando o horizonte B espódico (Santos et al., 2018).

Os processos que realizam a translocação da matéria orgânica para os horizontes subsuperficiais podem ser a bioturbação e a translocação de compostos dissolvidos em água (lixiviação) ou, no caso de solos arenosos como os Espodossolos, o material pode ser transportado também na forma particulada (Knabner e Amelung, 2020).

A MOS pode ser incluída no processo de formação dos agregados, em que num primeiro momento ocorre a interação com a fração mineral, formando complexos organo-mineral e em seguida, conforme os complexos vão aumentando seu tamanho, ocorre a formação dos microagregados. Posteriormente, ainda no processo de pedalização, ocorre a interação da matéria orgânica humificada e transitória no qual é composta por resquícios de organismos e plantas que são de decomposição fácil, e o acúmulo união dos microagregados, resultando nos macroagregados, necessitando de maior energia para formação, que em grande parte é provida pelo desenvolvimento radicular e da ação dos organismos da restinga (Roscoe, Boddey & Salton, 2006).

De acordo com Brock, Kalbite, Absalalf, e Jansen (2020) a transformação da matéria orgânica está diretamente relacionada ao desenvolvimento pedológico de Espodosolos de regiões temperadas. Dessa forma os autores analisaram três estágios de desenvolvimento do solo, sendo eles incipiente, ativo e maduro No nível incipiente a matéria orgânica está iniciando seu processo de acumulação no horizonte B e o carbono orgânico dissolvido é alto em superfície. Já no nível ativo a matéria orgânica dissolvida iluvial continua a entrar no sistema, mas se diferencia da matéria orgânica particulada, diferença essa que pode ser causada pela solubilização, transporte, precipitação preferencial ou a estabilidade de determinados compostos em razão da seletiva degradação dos microorganismos. Por fim no nível maduro já não há entrada ativa de matéria orgânica dissolvida, mas a matéria orgânica está estabilizada do horizonte B. Os autores ainda concluem que o desenvolvimento do solo pode mudar a composição molecular mediante a entrada de matéria orgânica dissolvida vinda da superfície e que Espodosolos ativos e enterrados compõe material antigo e mais decomposto.

Marques, Luizão, Teixeira e Araújo (2022) verificaram em uma topossequência de Latossolos na alta vertente, Argissolo na média vertente e Espodosolo na baixa vertente, localizada na Reserva Biológica de Cueiras, em Manaus (AM), que a densidade do solo, a macroporidade, o teor de carbono em superfície, e o estoque de carbono foram maiores em solos arenosos (Espodosolo) comparados a solos com textura média (Argissolo) a argilosa e a muito argilosa (Latosolo).

Isso ocorre, pois, o Espodosolo recebe maior influência da matéria orgânica deixada pela floresta ao longo da vertente, assim como do lençol freático e da ciclagem de nutrientes. Outro ponto a se considerar é que a maior quantidade de macroporos, pode gerar instabilidade do estoque de carbono, pois quando revolvido, este solo pode aumentar a atividade de decomposição e funcionar como fonte de carbono para atmosfera em um curto período de tempo (Marques, Luizão, Teixeira & Araújo, 2022). O mesmo autor confirma a necessidade de aprofundamento das pesquisas em mais áreas de florestas e solos arenosos, principalmente relacionado ao potencial de estoque de carbono e as características do solo que podem influenciar neste estoque para melhor uso, manejo e conservação do ambiente.

O carbono constituído no solo é um dos maiores estoques da Terra e está presente majoritariamente na forma orgânica, o qual retrata a compensação do carbono emitido pelas plantas e a porção extraída do sistema pela lixiviação, erosão, decomposição ou para a atmosfera por meio da atividade microbiana (Machado, 2005). O autor relata que uma das possíveis ações mitigadoras para diminuir a intensidade de CO₂ na atmosfera é o sequestro de carbono associado a matéria orgânica do solo. As ações responsáveis por isso são a agregação (que auxilia na formação de torrões diminuindo a intensidade da erosão), humificação (que contribui para formação de agregados) e sedimentação do solo, ao passo que as ações que causam a perda do carbono são a lixiviação, erosão e volatilização.

Diante do exposto, este projeto tem por objetivo estabelecer a relação do relevo com fluxo hídrico e a dinâmica da matéria orgânica de Espodossolos do Litoral do Paraná e suas translocações laterais e verticais na paisagem a fim de compreender a gênese deste solo, estimar o estoque de carbono e relação com feições hidrológicas no bioma Restinga.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1 Hipótese geral

A dinâmica da matéria orgânica é fortemente influenciada pelo relevo e resulta em diferenças nos atributos do Espodossolo, sobretudo nas variações de horizonte espódico, no teor e estoque de carbono em profundidade e no padrão hidrológico.

2.2 Hipóteses Específicas

a) Pequenas variações de relevo influenciam padrão da hidrologia e podem ditar a dinâmica da matéria orgânica nas áreas de restinga.

b) O estoque de carbono do horizonte B espódico supera muito o do horizonte superficial, sendo a diferença ainda maior quando o horizonte B espódico encontra-se próximo à cursos hídricos.

2.3 Objetivo Geral

Elaborar um modelo da relação do relevo com a hidrologia e a matéria orgânica de Espodossolos da restinga do Litoral Paranaense.

2.4 Objetivos Específicos

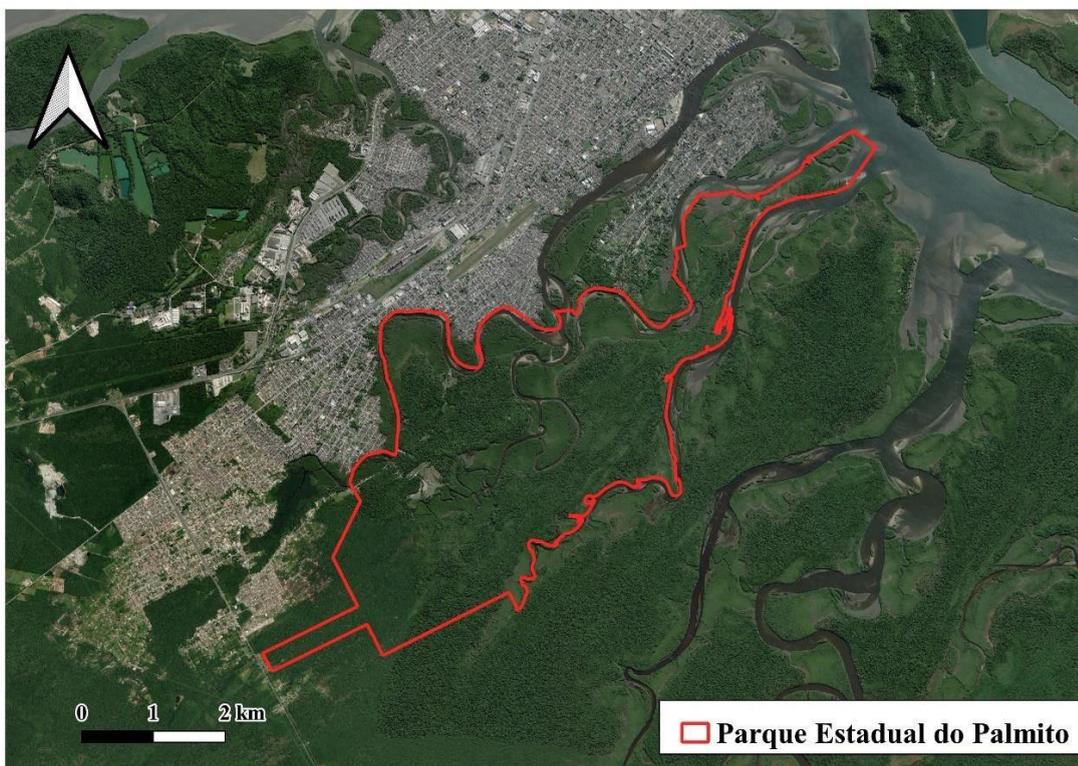
- a) Identificar a relação do relevo com a matéria orgânica e os atributos dos horizontes B espódicos.
- b) Estimar estoque de carbono em horizontes espódicos e sua relação com os cursos hídricos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo e coleta de amostras

A pesquisa será realizada no Parque Estadual do Palmito criada pelo Decreto Estadual nº 4.493/1998 e administrada pelo Instituto de Água e Terra do Estado do Paraná. Localizada no Município de Paranaguá no Litoral Paranaense com acesso pela PR 407.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (Parque Estadual do Palmito, Paranaguá – PR).



Na área de estudo o clima é subtropical chuvoso e moderadamente quente (Cfa) de acordo com a classificação de Köppen. Esse tipo climático possibilita o transporte de sedimentos vindos tanto da Serra do Mar como de áreas marinhas. Segundo o Instituto Água e Terra do Estado do Paraná a vegetação principal é Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, situada na Restinga pertencente ao bioma Mata Atlântica. Das espécies vegetais cultivadas encontra-se em maior porção Palmito-juçara (*Euterpe edulis*), Guanandi (*Callophyllum brasiliense*), Maçaranduba (*Manilkara subsericea*) dentre outras orquídeas e bromélias.

A formação geológica da área de estudo está associada a alternâncias do nível relativo do mar, ou seja, movimentações de regressão e transgressão sob o embasamento cristalino durante o período Quaternário. Sua composição se dá pelo intemperismo da Serra do Mar e formação de depósitos arenosos fluviais e marinhos. Os solos predominantes do Litoral Paranaense são Argissolos, Latossolos, Neossolos Flúvicos e Cambissolos Flúvicos, na planície continental; Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos na planície costeira (Silva, Fagundes, Lima, Lima & Tavares, 2013).

Para as coletas de amostras, três topossequência serão escolhidas em setores do Parque que representem a transição de áreas mais elevadas até o curso d'água, considerando diferentes dimensões de rios. Após definidas as topossequências, a vertente será segmentada para proceder a descrição geomorfológica, pedológica e coleta de amostras deformadas e indeformadas para análises laboratoriais, no total de 150 amostras. A descrição morfológica será realizada de acordo com o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2015).

3.2 Dados do relevo

Inicialmente será obtido um modelo digital de elevação (MDE) a partir de imagens de satélite SRTM, com resolução espacial de 12,5 m; disponibilizadas gratuitamente no site da NASA (<https://www.earthdata.nasa.gov/>), gerando um mapa preliminar da geomorfologia, que subsidiará a escolha das topossequências. Posteriormente, em cada topossequência escolhida, será realizado um levantamento do relevo detalhado por meio sobrevoo com drone Phantom 4. Os sobrevoos serão realizados a uma altura de 100 m em relação ao solo, com velocidade de 10 m s⁻¹ e uma sobreposição de imagens de 75%,

tanto na lateral como na vertical, possibilitando assim a estereoscopia das imagens e geração do MDE. O processamento das fotos obtidas será na plataforma gratuita WebODM, resultando em um mosaico das fotos bem como no MDE, com as coordenadas geográficas já estabelecidas.

3.3 Análises Físicas do Solo

Granulometria

As amostras deformadas dos horizontes diagnósticos de cada perfil serão secas em estufa (45°C), destorroadas, passadas pela peneira de malha 2,0 mm para se obter terra fina (TF). Posteriormente as amostras de TF serão usadas na determinação da granulometria pelo método do densímetro (Donagemma et al., 2017).

Densidade do Solo

A densidade do solo permite correlacionar este atributo com mineralogia, material orgânico e porosidade do solo e será realizada pelo método do cilindro com volume conhecido, segundo Almeida, Viana, Teixeira e Donagemma (2017). Os anéis serão coletados do horizonte A e B espódico de cada perfil estudado. Para tanto serão utilizadas as mesmas trincheiras em que foram realizadas as descrições morfológicas para coleta de amostra indeformadas. O volume do solo será definido pelo cilindro, tomando o cuidado de não promover o adensamento da amostra no momento de sua coleta. A massa de solo será determinada após a secagem da amostra a 105 °C durante 48 horas.

Densidade de Partícula

A densidade de partícula será realizada pelo método do balão volumétrico conforme Viana, Teixeira e Donagemma (2017), determinando a densidade média de partículas orgânicas e minerais sem considerar a porosidade. A comparação com a densidade do solo será utilizada também para estimar a porosidade total dos horizontes amostrados. A determinação é realizada com a pesagem de 20 g da amostra deformada, devidamente seca na estufa a 105 °C e resfriada no dessecador o que é equivalente a massa seca.

Em seguida essa amostra será transferida com auxílio de um funil para um balão volumétrico de 50 mL. Posteriormente será adicionado álcool etílico até completar os 50 mL do balão volumétrico. Por fim esse recipiente será agitado e ficará em repouso por 30 minutos. Esse procedimento será realizado até que todas as bolhas sejam removidas e a marca do balão seja alcançada.

Condutividade Hidráulica

Para entender melhor como é a dinâmica de migração da matéria orgânica para horizontes subsuperficiais assim como entender a origem de horizontes iluviais, será realizado o ensaio de condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}), segundo metodologia de Teixeira, Viana e Donagemma (2017). A condutividade será determinada pela percolação da água por uma amostra indeformada sob uma carga de água constante.

O objetivo deste método é compreender a relação entre velocidade e carga durante o movimento da água no solo. Por meio de uma amostra indeformada retirada com um cilindro de volume conhecido é feita a saturação da amostra, é colocado em um permeâmetro no qual terá que estar sob uma carga constante de água de 2 cm de altura.

Essa água percolada será recolhida em um béquer de 500 mL, anotado o tempo inicial da percolação e medido seu volume com uma proveta durante 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. Se o coeficiente de variação das últimas 3 amostras for maior que 20% é necessário continuar com o procedimento até o valor ser menor que 20%.

Após um determinado tempo o volume é pesado e a água utilizada é recolhida. Por fim é aplicado a equação de Darcy (1)

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot H \cdot t} \quad (1)$$

Em que:

K: condutividade hidráulica, em cm h^{-1} .

Q: volume do percolado (última leitura), em mL.

L: altura do bloco do solo, em cm.

A: área do cilindro, em cm^2 .

H: altura do bloco do solo e da coluna de água, em cm.

t: tempo de percolação em horas.

3.4 Análises químicas e fracionamento da matéria orgânica

Teor e Estoque de Carbono

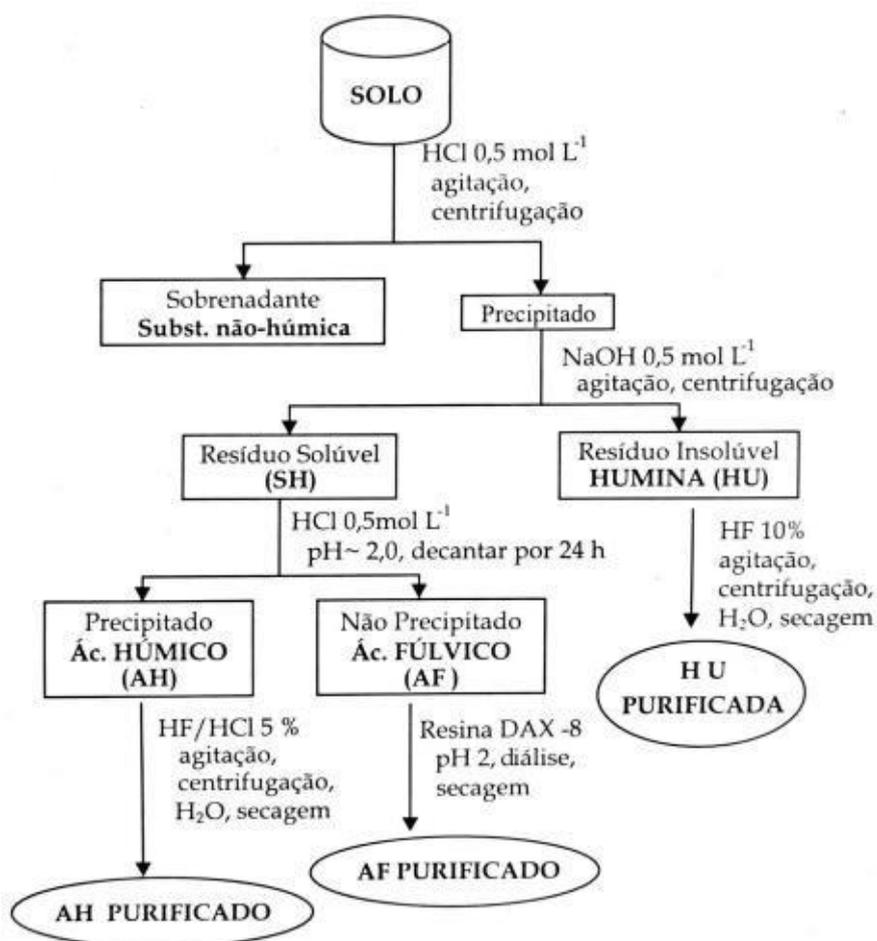
Referente à análise química do solo, a determinação do carbono orgânico (CO) será realizada pelo método de combustão via seca em analisador CNHS marca Elementar e em seguida será calculado o estoque de carbono da área, sendo a multiplicação do teor de CO, volume e densidade do solo (D_s) de cada horizonte. Tanto a análise do teor como de estoque de carbono serão determinados para os horizontes superficiais e subsuperficiais.

Fracionamento da Matéria Orgânica

O fracionamento químico e físico será realizado conforme metodologia proposta por Dick, Novotny, Dieckow e Bayer (2009). Para o procedimento químico (Figura 2) será coletado amostra deformada no qual foi seca ao ar e passada pela peneira de 2mm para obtenção de TF, e em seguida será posta em uma solução de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ de HCL seguida de agitação e centrifugação. Dessa solução o que precipitar será posto em nova solução de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ de NaOH e novamente será agitado e passará pela centrífuga, resultando em dois tipos de resíduo, solúvel e insolúvel.

O resíduo insolúvel é considerado Humina e o solúvel será submetido a uma nova solução de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ de HCL com $\text{pH} \sim 2,0$ e durante 24 hrs será decantado. Dessa nova solução o que for precipitado será considerado Ácido Húmico e o que não for precipitado será considerado como Ácido Fúlvico.

Figura 1: Fracionamento químico da matéria orgânica.



Fonte: Dick, Novotny, Dieckow e Bayer (2009).

Para o fracionamento físico será utilizado o método granulométrico que inicialmente ocorre a dispersão, onde o solo precisa ser totalmente disperso, ou seja, os agregados não podem estar inteiros na fração grossa. Dessa forma será realizada dispersão mecânica com ultra-som VCX 500 no qual haverá a conversão da energia elétrica em energia mecânica. O princípio básico de funcionamento é a cavitação, ou seja, será formado microbolhas que cresceram até o colapso dessa microbolha nos agregados, isso irá provocar a desagregação. Enquanto ocorre a agitação há um aquecimento da solução e por isso é necessário que o recipiente da solução esteja sob um outro recipiente com gelo evitando assim o superaquecimento.

Após a dispersão será feito a separação das frações por meio do método granulométrico por peneiração (separação da fração areia) e sedimentação (separação das frações silte e argila) (Roscoe, Madar & Machado, 2006).

Por fim, para a elaboração do modelo da relação solo-relevo, por meio do software livre QGis, serão gerados mapas com as variações topográficas das sequencias escolhidas, utilizando as imagens de alta resolução obtidos por Drone e serão associadas as informações dos corpos hídricos (rios, afloramento de lençol freático, distância para o estuário, etc). A partir do cruzamento dos atributos morfológicos, físicos e químicos do solo com o relevo, será estabelecida a tendência de acúmulo de MOS com corpos hídricos e, eventualmente, formação de horizontes cimentados pela MOS (ortstein). Usando esse modelo de maior resolução será gerado um mapa para todo o Parque, usando a imagem mais generalista, disponibilizada pelo site da NASA, aplicando assim o modelo para demais topossequência da restinga. Espera-se que com base nestes levantamentos seja possível alcançar os objetivos deste e subsidiar políticas públicas para o litoral paranaense, como ampliação de centros urbanos ou construção de obras de infraestrutura como rodovias, por exemplo.

4 CRONOGRAMA

	1º SEM. 2022	2º SEM. 2022	1º SEM. 2023	2º SEM. 2023
Disciplinas (créditos)*	6 créditos	9 créditos	1 crédito	3 créditos
Definição do projeto	X			
Revisão bibliográfica	X	X	X	X
Campo		X	X	
Laboratório		X	X	
Análise de Dados		X	X	X
Desenvolvimento do artigo científico			X	X
Participação de evento científico				X
Escrita da Dissertação			X	X
Defesa				X**

*2º Semestre de 2021 (como aluna especial) foram cursadas as disciplinas SOLO7013 Manejo do Solo e SOLO7027 Tópico Especial III: Educação em Solos.

1º Semestre de 2022 foram cursadas as disciplinas SOLO7016 Metodologia Científica e SOLO7010 Gênese, Morfologia e Classificação de Solos.

2º Semestre de 2022 serão cursadas as disciplinas SOLO7015 Matéria Orgânica do Solo, SOLO7027 Tópico Especial III: Geoprocessamento e SOLO7026 Tópico Especial II: Variabilidade e Mudanças Climáticas.

1º Semestre de 2023 será cursada a disciplina SOLO7020 Prática de Docência.

2º Semestre de 2023 será cursada a disciplina SOLO7024 Seminário em Ciência do Solo.

**A defesa está prevista para o mês de dezembro de 2023.

5 REFERÊNCIAS

Almeida, B. G., Viana, J. H. M., Teixeira, W. G., & Donagemma, G. K. (2017). Densidade do Solo. In: Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A. & Teixeira, W. G., organizadores. Manual de Métodos de Análise de Solos (3. ed). (2017) Brasília, DF: EMBRAPA; p. 65-75.

Brock, O., Kalbitz, K., Absalah, S., & Jansen, B. (2020). Effects of development stage on organic matter transformation in Podzols. *Geoderma*, 378, 114625. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114625>.

Decreto nº 4.493 de 17 de junho de 1998. (2018) Dispõe sobre a Criação da Floresta Estadual do Palmito. Paraná, PR. Recuperado em https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1998/dec_4493_1998_florestaestadualpalmito_pr.pdf.

Dick, D. P., Novotny, E. H., Dieckow, J. & Bayer, C. (2009) XI – Química da matéria orgânica do solo. In: Melo, V. F. & Alleoni, L. R. F. Química e Mineralogia do Solo. Parte II –Aplicações. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG. 2 volume.

Donagemma, G. K., Viana, J. H. M, Almeida, B. G., Ruiz, H. A., Klein, V. a., Dechen, S. C. F. & Fernandes, R. B. A. (2017). Análise Granulométrica. In: Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A. & Teixeira, W. G., organizadores. Manual de Métodos de Análise de Solos (3. ed.) Brasília, DF: EMBRAPA; p. 95-116.

Ferreira, M. M. (Coord.). (2015). *Manual técnico de pedologia* (3. ed). Rio de Janeiro, RJ: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

Heberle, D. A., Almeida, J. A. D., & Torrado, P. V. (2020). Calcination as an alternative method to classify Spodosols on the second categorical level. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/QSjLBKJq4ftTtGpNZTtGBBw/abstract/?lang=en>.

Horbe, A. M. C., Horbe, M. A., & Suguio, K. (2004). Tropical Spodosols in northeastern Amazonas State, Brazil. *Geoderma*, 119(1-2), 55-68. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706103002337>.

Instituto Água e Terra. Parque Estadual do Palmito (PEP). Reportado de <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Parque-Estadual-do-Palmito-PEP>.

IUSS Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.

Keys to Soil Taxonomy. By Soil Survey Staff. (2014). United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.

Kögel-Knabner, I., & Amelung, W. (2021). Soil organic matter in major pedogenic soil groups. *Geoderma*, 384, 114785. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706120325404>.

Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. (2012). Dispõe sobre o Código Florestal. Brasília, DF. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

Leite, L. F. C. (2004). *Matéria orgânica do solo* (Vol. 97). Teresina: Embrapa Meio-Norte.

Lepsch, I. F. (c2002). *Formação e conservação dos solos*. São Paulo, SP: Oficina de Textos.

Machado, G., & Pinto, M. L. C. (2017). MORFOLOGIA E PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO: CONTRIBUIÇÕES AO PLANEJAMENTO DO USO DA TERRA NO LITORAL PARANAENSE< pt> MORPHOLOGY AND SEDIMENTATION PROCESSES: CONTRIBUTING TO LAND USE PLANNING IN THE PARANÁ STATE COAST IN BRAZIL. *Terr@ Plural*, 11(2), 254-270. Recuperado de <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/9750>.

Machado, P. L. D. A. (2005). Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Química Nova*, 28, 329-334. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/qn/a/CB6Dn3MwxgLYNcdmwjYmvZF/?lang=pt#:~:text=Pelo%20solo%20ser%20o%20maior,negativos%20da%20mudan%C3%A7a%20clim%C3%A1tica%20global>.

Marques, J. D. O., Luizão, F. J., Teixeira, W. G., & Araújo, E. M. (2013). Carbono orgânico em solos sob floresta na Amazônia Central. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 8., 2013, Salvador. Pesquisa e inovação para o desenvolvimento do Brasil: anais. Salvador: IFBA, 2013. Recuperado de <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002068/carbono-organico-em-solos-sob-floresta-na-amazonia-central>.

Queiroz Neto, J. P. (2003). Geomorfologia e Pedologia. GEOUSP Espaço e Tempo (Online). Recuperado em <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123790>.

Roscoe, R., Boddey, R. M. & Salton, J. C. (2006). Sistemas de Manejo e Matéria Orgânica do solo – Capítulo 1. In: Roscoe, R., Mercante, F. M & Salton, J. C. Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas – Modelagem Matemática e Métodos Auxiliares. Dourador, MS. Embrapa Agropecuária.

Roscoe, R., Mercante, F. M., Mendes, I. C., Júnior, F. B. R., Santos, J. C. F & Hungria, M. (2006). Biomassa Microbiana do Solo: Fração mas Ativa da Matéria Orgânica – Capítulo 7. In: Roscoe, R., Mercante, F. M & Salton, J. C. Dinâmica

da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas – Modelagem Matemática e Métodos Auxiliares. Dourador, MS. Embrapa Agropecuária.

Pilar, M. R. (2021). *Agentes cimentantes de horizonte espódico do Paraná* (Dissertação Digital Mestre). Universidade Federal do Paraná. Retirado de <http://hdl.handle.net/1884/74418>

Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F. ... Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. e ampliada. Brasília, DF: EMBRAPA.

Teixeira, W. G., Viana, J. H. M. & Donagemma, G. K. (2017). Condutividade Hidráulica. In: Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A. & Teixeira, W. G., organizadores. Manual de Métodos de Análise de Solos (3. ed.) Brasília, DF: EMBRAPA; p. 125-128.

Viana, J. H. M., Teixeira, W. G. & Donagemma, G. K. (2017). Densidade de Partículas. In: Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A. & Teixeira, W. G., organizadores. Manual de Métodos de Análise de Solos (3. ed.) Brasília, DF: EMBRAPA; p. 76-81.

6 ORÇAMENTO

Orçamento	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Total Parcial
Tradução de artigo	R\$350,00	1	R\$350,00
Participação de evento	R\$400,00	1	R\$400,00
Kit com materiais de campo: fita adesiva, fita sinalizadora, caneta permanente e saco plástico	R\$110,00	1	R\$110,00
Manutenção com Drone	R\$3.500,00	2	R\$7.000,00
Determinação do teor de C.O.	R\$170,00	100	R\$17.000,00
Análises de densidade do Solo	R\$85,00	100	R\$8.500,00
Análises de granulometria	R\$150,00	100	R\$15.000,00
Bolsa Estudantil CAPES	R\$1.500,00	23	R\$34.500,00
Total Final			R\$82.860,00