

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO

FERNANDA LAIS RAMOS
JÚLIA LUÍSA KRUTSCH
LUCAS MEINERZ
MARIANA WARMLING DOS SANTOS
RAPHAELA ASSIS SCHWARZ
SOFIA DOS SANTOS SILVA
STEFANY NATÁLIA SCHMATZ

**ANÁLISE QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE SOLO PROVENIENTE DE
ATERRO SANITÁRIO**

ANÁLISE QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE SOLO PROVENIENTE DE ATERRO SANITÁRIO

Projeto de pesquisa desenvolvido no Programa Conectando Saberes do Curso Técnico em Química do Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus Jaraguá do Sul – Centro, como requisito de integração entre as unidades curriculares e como eixo condutor à pesquisa.

Orientadora: Fernanda Kokowicz Pilatti

SUMÁRIO

1 TEMA.....	4
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	4
3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	4
4 HIPÓTESES.....	4
5 OBJETIVOS.....	5
5.1 OBJETIVOS GERAIS.....	5
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
6 JUSTIFICATIVA.....	5
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
7.1 O QUE É UM LIXÃO E COMO OCORRE SEU DESLIGAMENTO.....	6
7.2 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA - PRAD.....	7
7.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E MICROBIANAS DO SOLO.....	7
7.3.1 Estudo comparativo.....	8
7.3.2 Granulometria.....	8
7.3.3 Atividade enzimática.....	9
7.3.5 Condutividade Elétrica do Solo.....	10
7.3.6 Matéria Orgânica.....	11
7.3.7 Biomassa.....	11
7.3.8 Respiração Microbiana.....	12
8 METODOLOGIA.....	12
8.1 PREPARO DA AMOSTRA.....	13
8.2 MÉTODOS DE ANÁLISE.....	13
8.2.1 pH do solo.....	13
8.2.2 Condutividade elétrica.....	14
8.2.3 Granulometria.....	15
8.2.4 Biomassa microbiana.....	15
8.2.4.1 Clorofórmio-fumigação-incubação(CFI).....	16
8.2.5 Ensaio Enzimático - DAF.....	17
9 CRONOGRAMA.....	18
REFERÊNCIAS.....	18
APÊNDICE A - Fluxograma dos procedimentos.....	22

1 TEMA

Caracterização do solo da atual Arena Jaraguá, antigo lixão de Jaraguá do Sul - SC.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Análise química e microbiológica do solo proveniente do antigo lixão de Jaraguá do Sul - SC, após sua desativação e revitalização em 2007.

3 PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com o artigo 225 da Constituição Federal (1988): “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida” e é dever de todos os cidadãos e do poder público preservar e protegê-lo tanto para a geração atual quanto para as próximas gerações. A revitalização de um espaço derivado de um lixão deve ocorrer conforme o relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD): “desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades”.

Desse modo, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: o antigo uso da área como lixão influencia as características químicas e microbiológicas do solo restaurado da atual Arena, localizada na cidade de Jaraguá do Sul?

4 HIPÓTESES

- O solo da atual Arena Jaraguá de Jaraguá do Sul apresenta diferença dos parâmetros de qualidade físicos e químicos comparado a regiões de mata nativa e a solos urbanos comuns.
- O solo do antigo lixão de Jaraguá do Sul tem menor atividade microbiológica comparada a outras regiões da cidade.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar os parâmetros de qualidade físicos, químicos, microbiológicos e bioquímicos do solo do antigo lixão de Jaraguá do Sul, atual Arena Jaraguá.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o perfil físico-químico do solo a partir da análise de granulometria, pH, matéria orgânica e condutividade elétrica para identificar a estabilidade e a fertilidade do terreno.
- Avaliar a saúde microbiológica determinando a biomassa, a respiração microbiana e a atividade enzimática para medir a vitalidade e a ciclagem de nutrientes no solo.
- Realizar diagnóstico comparativo com os dados da Arena e de solos de mata nativa e área urbana para mensurar o impacto do antigo lixão na funcionalidade atual do solo.

6 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema “Análise química e microbiológica de solo proveniente do antigo lixão” surgiu a partir do interesse de avaliar as particularidades do solo presente na área da Arena Jaraguá, localizada no município de Jaraguá do Sul (SC), que anteriormente funcionava como um lixão. Observou-se que, apesar das transformações ocorridas na região — que passou por um aterramento e, posteriormente, a criação de um espaço de lazer e eventos — ainda não existem estudos divulgados que comprovem os reais aspectos do solo após o processo de revitalização.

Dessa forma, o presente estudo justifica-se pela importância de comparar solos de locais diferentes e observar de que forma ocorre a restauração do remanejamento ambiental. A análise comparativa entre o solo da Arena Jaraguá e amostras de solo de mata nativa e de jardim doméstico busca avaliar parâmetros químicos, físicos, microbiológicos e bioquímicos, assegurando que o local esteja realmente adequado para o uso público.

Essa pesquisa também se propõe a embasar futuros estudos e projetos semelhantes voltados à recuperação ambiental e contribuir com a ampliação do conhecimento sobre parâmetros de qualidade dos solos e de áreas anteriormente utilizadas como aterros sanitários.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A área onde se localiza a atual arena Jaraguá, foi utilizada por décadas como local de descarte de resíduos, funcionando inicialmente como um lixão sem controle técnico. Com o tempo, passou a operar como aterro controlado, embora ainda distante dos padrões ambientais atuais. Por cerca de 30 anos, foi o principal ponto de deposição de lixo urbano da cidade, até ser oficialmente desativado em 2002. Mesmo após o encerramento das atividades, permaneceram problemas ambientais significativos, como produção contínua de chorume, emissão de gases e infiltração de contaminantes no solo. (A NOTÍCIA, 2007)

Diante desses impactos, iniciaram-se ações de recuperação ambiental, apoiadas por termos de ajustamento de conduta firmados desde 1999. Entre as intervenções realizadas estão sistemas de drenagem, captação e tratamento de chorume e gases, estabilização dos taludes, revegetação e melhorias estruturais na área. Esse processo permitiu a transformação gradual do local, resultando na implantação de equipamentos de lazer e, finalmente, na construção da Arena Jaraguá, inaugurada em 2007 (DIÁRIO DA JARAGUÁ, 2022).

7.1 O QUE É UM LIXÃO E COMO OCORRE SEU DESLIGAMENTO

Um lixão é uma forma irregular e ambientalmente inadequada de disposição de resíduos sólidos, na qual o lixo é depositado diretamente sobre o solo, sem qualquer tipo de preparo, controle ou tratamento. Nesse tipo de área, os resíduos ficam expostos às intempéries, podendo ser carregados pelo vento e pela chuva, além de produzirem chorume que contamina o solo e os recursos hídricos subterrâneos e superficiais. O lixão também favorece a proliferação de vetores, a presença de animais e o risco de doenças, além de gerar impactos sociais significativos pela atuação de catadores em condições precárias. (BRASIL, 2021)

O desligamento de um lixão consiste em um conjunto de ações planejadas para interromper a deposição de resíduos no local e iniciar a mitigação dos impactos ambientais. Para isso, é necessário cessar o envio de resíduos ao lixão e direcionar os rejeitos para um aterro sanitário devidamente licenciado, garantindo que a disposição final ocorra de maneira controlada. Além disso, requer medidas de controle ambiental, como drenagem de chorume e

gases, cobertura do maciço de resíduos, isolamento físico da área e elaboração de um projeto de recuperação da área degradada (PRAD). Esse projeto estabelece o monitoramento do solo, da água e dos gases, a fim de assegurar que a área não continue oferecendo riscos ambientais ou à saúde pública. (BRASIL, 2021).

7.2 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA - PRAD

O Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) é um documento que detalha o planejamento e execução das ações necessárias à recuperação da área degradada ou alterada. Segundo Sattler Junior e Marsaro (2015), temos como exemplo dessa prática a proposta de recuperação ambiental apresentada pela prefeitura da cidade de Itapoá - SC, com o objetivo de restaurar um antigo lixão no respectivo município. O PRAD de Itapoá, utilizado como fonte de pesquisa, apresenta os métodos utilizados no processo de recuperação de áreas degradadas pela presença de lixões e aterros sanitários, além da importância da execução correta destas etapas para que seja mantida a saúde pública e ambiental no município.

O documento define como área degradada o espaço que não está capacitada a retornar ao seu estado natural, ou seja antes da intervenção humana, de forma autônoma, assim propondo estratégias de restauração para esses ambientes, sendo elas: remoção de resíduos, restauração simples, restauração parcial e revegetação. (SATTLER JUNIOR; MARSARO, 2015)

A partir de observações básicas realizadas levando em conta o estado atual da área estudada, nota-se a presença de sistemas de drenagem de gases e líquidos poluentes instalados no interior do solo do atual Parque Arena. Além disso, a prefeitura de Jaraguá do Sul responsabilizou-se pelo processo de revegetação parcial, ou seja, incorporando gramíneas, palmeiras e uma pequena quantidade de arbustos, que contrastam com a paisagem antrópica que predomina no parque.

7.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E MICROBIANAS DO SOLO

Compreender as características físicas, químicas, biológicas e microbianas do solo é essencial para determinar se as condições em que ele se encontra são adequadas para a biodiversidade e comunidade local. Portanto é indispensável entendermos alguns conceitos fundamentais, os quais serão foco de nossas análises e estudos ao longo do projeto.

7.3.1 Estudo comparativo

Na análise de solos, é fundamental compreender que cada solo tem suas respectivas características intrínsecas como granulometria, pH, condutividade, atividade enzimática, essas que atuam como determinantes na manifestação da fauna no solo, estabelecendo relações biológicas entre diferentes organismos. (XAVIER, F. A. S.; 2021)

As variações encontradas em diferentes solos não devem ser interpretadas como desequilíbrios ou escassez de nutrientes, deve ser considerado que se tratam de diferentes relações ecológicas. No entanto, ao comparar solos naturais com solos manipulados torna-se possível mensurar os impactos sofridos pelo manejo desse solo, entendendo como podem ter impactado na estrutura e na biodiversidade da área.

É com base na variabilidade e resposta ao manejo que este estudo se fundamenta. A análise comparativa busca identificar como as propriedades específicas das amostras a serem coletadas refletem o estado de conservação do solo e as maneiras que o manejo do solo pode interferir na dinâmica biológica local. (XAVIER, F. A. S.; 2021)

7.3.2 Granulometria

A granulometria é um estudo que determina os tipos de distribuição de partículas com tamanhos específicos em um solo. Segundo Sá (2021, p.9) “É uma característica intrínseca do solo, ou seja, é determinada pelos fatores de formação do solo sendo um deles o material de origem; e não é alterada pelo manejo”.

Uma análise granulométrica nos permite entender as características específicas do solo - geradas justamente pela composição da terra - para então manejar este solo de acordo com a funcionalidade destinada. Para determinar essa fração é medida a quantidade de argila (partículas menores que 0,002 mm), silte (partículas entre 0,002 mm e 0,05 mm), areia (partículas entre 0,05 mm e 2 mm), e minerais (partículas menores que 2 mm) presentes na amostra. (SÁ, MARCOS AURÉLIO CAROLINO; 2021. p.9)

De maneira geral os solos argilosos possuem maior capacidade de reter matéria orgânica e até mesmo contaminantes, têm mais fertilidade pela grande concentração de água que também mantém mais nutrientes em si. Já os solos arenosos, por não terem a mesma capacidade de retenção de água, mantêm em si menos nutrientes, porém, têm a possibilidade

de contaminar o lençol freático e são mais propensos à erosão, característica muito necessária a ser analisada quando falamos de um espaço rearranjado.

Fazer uma análise granulométrica é importante quando estamos estudando um solo que já foi um aterro sanitário, pois nos ajuda a compreender melhor as suas características em relação a retenção de água, possíveis contaminações e a disponibilidade de nutrientes para os microrganismos. (SÁ, MARCOS AURÉLIO CAROLINO; 2021. p.9)

7.3.3 Atividade enzimática

Enzimas podem ser definidas como um conjunto de proteínas que atuam como biocatalisadores de reações químicas, permitindo com que elas ocorram mais rapidamente em seu substrato específico. Essa capacidade de catalização pode ser nomeada como atividade enzimática. (ROBINSON, P. K. , 2015)

No solo, as enzimas são produzidas por micro e macrorganismos, sendo sintetizadas a partir de biomassa microbiana, originada da decomposição de matéria orgânica depositada na superfície da área. Segundo Moreira e Siqueira (2006), as enzimas presentes no solo tem diversas funções que se relacionam com sua qualidade, especialmente tratando de diversidade microbiológica. Por esse motivo, juntamente com o fato de serem extremamente sensíveis a mudanças físicas, químicas e biológicas do solo, as enzimas são consideradas bons indicadores de qualidade.

Portanto, entendemos que ao contar com uma atividade enzimática eficiente, o solo terá seu fluxo de nutrientes e índice de matéria orgânica decomposta favorável para o desenvolvimento e crescimento da diversidade microbiológica, sendo assim um solo de maior qualidade e com menor índice de degradação. (SILVA, VICTOR COSTA, 2014. p. 10-12)

7.3.4 pH do Solo

Quando tratamos de parâmetros de qualidade do solo, o pH é considerado um dos parâmetros mais básicos e importantes para análise de solos. Esse que se trata da determinação da concentração de íons H^+ agregados ao solo, assim indicando a acidez total do mesmo. Na análise da acidez dos solos temos duas divisões, sendo a acidez ativa e a acidez potencial. (BORGES A. L; OLIVEIRA, 2021.p.67-69.)

Essa análise é essencial em solos do nosso território brasileiro, já que, a maioria deles se encontra com problemas de acidez que comumente são derivados da atividade de decomposição de matéria orgânica, contaminação por metais, chuvas ácidas e o próprio descarte incorreto de lixo. (NOVAES, R.F.; *et al.* 2007. P.375-470)

O desequilíbrio do pH do solo acarreta em diversos problemas para o solo, a flora e até mesmo a fauna. É comum em solos com pH ácido o desequilíbrio nas quantidades de nutrientes essenciais para a vegetação, nutrientes esses como: cálcio e magnésio. Além disso, pode-se encontrar quantidades tóxicas de alumínio e excesso de magnésio, atrapalhando diretamente a atividade microbiológica no solo. (NOVAES, R.F.; *et al.* 2007. P.375-470)

Já em regiões de solo com pH alcalino, que são mais comuns nas regiões semiáridas do Brasil, pode ser consequência de cultivo sucessivo e demasiado com uso de bicarbonato na água usada para irrigação. (VELOSO, C. A. C. *et al.* 2020. p.123-233)

No caso de solos de aterros sanitários, como nas antigas circunstâncias do estudo de caso, o pH tende a ser mais ácido, considerando os efeitos da decomposição da matéria orgânica que se acumula no solo de aterros, que pode escoar para cursos d'água. Se fazendo necessária, para uma análise mais completa, medir o pH da água de corpos fluviais próximos. Um fator importante a se considerar é a presença do antigo aterro em uma cidade industrial, onde a presença de poluentes se torna ainda mais frequente, a possibilidade do solo e da água do corpo fluvial que iremos analisar ter a característica da acidez elevada é considerável. (VELOSO, C. A. C. *et al.* 2020. p.123-233)

7.3.5 Condutividade Elétrica do Solo

Segundo os autores Molin e Faulin (2013), a condutividade elétrica do solo (EC) é uma propriedade física que expressa a capacidade do solo de conduzir corrente elétrica. Essa condução não ocorre apenas por meio da solução do solo, mas resulta pela combinação de diferentes mecanismos, como a condução pela fase líquida em superfícies que possuem partículas minerais, e pelos contatos com partículas sólidas. Dessa forma, a condutividade elétrica representa uma medida das características físicas e químicas do solo.

Entende-se que a condutividade elétrica do solo apresenta variabilidade espacial e temporal significativa, sendo influenciada principalmente pelo teor de umidade e textura do solo. Em solos com textura mais argilosas e com maior capacidade de retenção de água, a condutividade total tende a ser mais elevada devido à maior área superficial e a capacidade de troca de cargas, enquanto em solos de textura mais arenosas e menos úmidos, a condutividade

tende a ser menor. Assim, vejamos esse comportamento do solo como um todo, e não apenas as concentrações de íons. (MOLIN, J. P.; FAULIN, G. D. C. 2021)

Em áreas próximas às de aterros sanitários, as condições físico-químicas do solo podem ser alteradas devido ao depósito de contaminantes e resíduos, tornando-se assim um parâmetro muito importante para o monitoramento da área do ambiente afetado, permitindo ser utilizado como indicador para avaliar o grau de contaminação do solo. Com isso, a condutividade elétrica total do solo de aterros sanitários não leva em conta apenas os fatores usuais, como umidade e textura, mas também a influência e presença de contaminantes e lixiviados que aumentam a salinidade e a condutividade dos fluidos de poro do solo. (MOLIN, J. P.; FAULIN, G. D. C. 2021)

7.3.6 Matéria Orgânica

Em solos, a matéria orgânica representa todo resíduo orgânico de origem biológica, esteja ele vivo ou não, agregado ao solo. Essa matéria orgânica tem duas classificações, sendo elas a parte viva, que é constituída por raízes de plantas e organismos presentes no solo, e a parte morta, onde temos a presença de substâncias humificadas e não humificadas (compostos orgânicos residuais de diferentes estágios de decomposição), resíduos de plantas e até matéria macro orgânica. (CUNHA; T. J. F. *et al.* 2016. cap. 9, p. 273-293)

A determinação de concentração de matéria orgânica do solo (MOS) é uma análise importante, porém não deve ter seu resultado analisado de forma isolada. Fatores como a presença de material orgânico depositado em excesso no solo e a presença de contaminantes, podem acarretar em altas taxas de MOS, essas que devem estar em equilíbrio com o tipo e a extensão da cobertura vegetal. (CUNHA; T. J. F. *et al.* 2016. cap. 9, p. 273-293)

7.3.7 Biomassa

A biomassa microbiana do solo (BMS), também encontrada na literatura como carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), é definida como a parte viva mais ativa da matéria orgânica, “geralmente é expressa em μg de C g^{-1} de solo seco ou mg de C kg^{-1} de solo seco” (REIS JUNIOR; MENDES, 2007, p. 9). Constituída por “bactérias, fungos, actinobactérias, algas e microfauna, excluindo-se as raízes e os animais maiores que $5 \times 10 \mu\text{m}^3$ ” (DIONÍSIO *et al.*, 2016, p. 78).

Esses organismos participam de etapas fundamentais da dinâmica do solo, contribuindo desde os processos iniciais de formação e transformação mineral até a decomposição de resíduos orgânicos e a ciclagem de nutrientes. Em média, a BMS representa 2 a 5% do carbono orgânico e 1 a 5% do nitrogênio (REIS JUNIOR; MENDES, 2007, p. 9).

A BMS responde rapidamente às variações no manejo e nas condições ambientais por ser composta de células microbianas vivas e altamente sensíveis, o que a torna um indicador eficiente da qualidade do solo. O C-BMS passou a ser reconhecido como uma ferramenta sólida para avaliar a sustentabilidade do uso do solo, uma vez que qualquer forma de estresse no sistema interfere diretamente na densidade, diversidade e atividade das populações microbianas (DIONÍSIO *et al.*, 2016, p. 78).

7.3.8 Respiração Microbiana

A respiração microbiana do solo segundo Dionísio *et al.* (2016): “É o processo em que micro-organismos como as bactérias, fungos e protozoários, utilizam oxigênio (O₂) e liberam gás carbônico (CO₂) enquanto decompõem a matéria orgânica presente no solo.” Assim, esse processo nos mostra o nível de atividade biológica do ambiente e indica como está funcionando o metabolismo natural do solo. Sendo quanto maior a liberação de CO₂, maior tende a ser a atividade desses organismos.

Essa respiração é essencial porque está diretamente ligada à decomposição dos restos orgânicos, à reciclagem de nutrientes e ao fornecimento de energia para os diferentes processos que mantêm o solo fértil também influenciando a transformação e a mineralização da matéria orgânica, afetando a disponibilidade de carbono e nitrogênio para as plantas. (DIONÍSIO *et al.*, 2016, p.72)

A medição dessa respiração pode ser feita analisando o consumo de oxigênio ou a liberação de CO₂. Existem diversos métodos para a sua medição, mas a opção mais utilizada é a de medir o CO₂, pois consegue captar tanto a atividade aeróbia (com oxigênio) quanto a anaeróbia (sem oxigênio) dos micro-organismos. (DIONÍSIO *et al.*, 2016, p.72)

Por ser sensível às mudanças do ambiente e ao manejo do solo, a respiração microbiana é uma ferramenta simples, mas rápida e eficiente para avaliar a saúde do solo em áreas degradadas ou que passaram por alterações do terreno. (DIONÍSIO *et al.*, 2016, p.72)

8 METODOLOGIA

O presente projeto de pesquisa tem como principal propósito compreender o âmbito qualitativo do solo. Para isso, além da amostra de solo retirada do antigo lixão de Jaraguá do Sul, serão analisadas mais três amostras de solo, vindas de uma área de jardim doméstico, uma área junto ao rio Itapocu próxima à área da Arena, e uma área de mata nativa. Posteriormente será comparado os modelos de solos a fim de compreender se a amostra originada do antigo lixão corresponde às características químicas e biológicas locais.

8.1 PREPARO DA AMOSTRA

Para obter uma análise de solo com os resultados coerentes, é necessário garantir que a etapa da coleta das amostras seja feita de forma adequada, seguindo a metodologia correta, manuseando com muito cuidado essas amostras e realizando o armazenamento condizente. (EMBRAPA, 2017 p.21)

Em cada área analisada, serão coletadas 10 subamostras na camada 0 - 10 cm, em pontos aleatórios. As subamostras serão homogeneizadas para formar uma amostra composta por área, armazenadas em caixa de isopor com gelo e encaminhadas ao laboratório. As amostras serão secas em estufa a 40 ± 5 °C até uma massa constante, peneiradas em peneira de 2 mm e armazenadas. (EMBRAPA, 2017 p.21-25)

8.2 MÉTODOS DE ANÁLISE

Para análises de granulometria, pH, condutividade elétrica, biomassa e o ensaio enzimático do solo será utilizado o método da pipeta, método de pH do solo, método do extrato de saturação, CFI e DAF. Descritos pelo Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa, pois além de serem métodos funcionais também são viáveis considerando as condições do laboratório que será utilizado na pesquisa.

8.2.1 pH do solo

A determinação do pH do solo será conforme a metodologia adaptada do Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa. Inicialmente as amostras são secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm para a remoção de partículas maiores e para a homogeneização. Em seguida, é medido 10 g de solo peneirado e transferido para um

recipiente limpo de aproximadamente 100 mL. Adiciona-se 25 mL de água destilada, conseguindo uma relação solo:água de 1:2,5. A suspensão é agitada manualmente com bastão durante 60 segundos para estimular a dispersão das partículas, e posteriormente, deixada em repouso por 1 hora. Após esse tempo de repouso, a suspensão estará homogeneizada por leve agitação, assim realizando a determinação do pH com eletrodo combinado de vidro, conectado a um potenciômetro ligado e estabilizado por pelo menos 30 minutos. (TEIXEIRA *et al*, 2007)

Previamente, o eletrodo precisa ser calibrado com soluções-padrão de pH 4,00 e 7,00, e entre essas medições, deve ser lavado com água destilada e observado quanto a presença de bolhas. O eletrodo deve ser inserido na suspensão garantindo que a região sensível esteja completamente imersa e o valor de pH seja registrado após a estabilização da leitura. Para cada amostra devem-se realizar três leituras, em que os resultados devem ser anotados juntamente com a identificação da amostra, volume de solução, massa de solo e o tempo de repouso. (TEIXEIRA *et al*, 2007).

8.2.2 Condutividade elétrica

Para a determinação da condutividade elétrica do solo, será utilizado o método baseado no extrato de saturação, conforme Tedesco *et al*. (1995). Primeiramente, as amostras de solo devem ser preparadas, secas e homogeneizadas. Depois, são pesadas porções de solo (200 g a 400 g) em recipientes apropriados e aos poucos adiciona-se água destilada até formar uma pasta saturada brilhante, em que deve ser observado a consistência para garantir que toda a porção esteja saturada, sem excesso de líquido, seguindo o protocolo de preparo da pasta de saturação descrito no manual. Após adição de água, a mistura deve ser deixada de 2 a 3 horas em repouso para que ela tenha a estabilização hidráulica da pasta.

Após isso, o extrato saturado é coletado por filtração a vácuo, utilizando-se um funil de Buchner ou uma cápsula filtrante acoplada a um kitassato ou balão de vácuo, de maneira que separe a solução saturada do solo. O líquido obtido deve ser armazenado em recipientes limpos para a análise.

Para determinar a condutividade elétrica, é utilizado um condutivímetro, previamente calibrado com soluções padrão de KCl ($0,01 \text{ mol L}^{-1}$) de acordo com a recomendação do manual. Após a calibração, deve ser feito as leituras da condutividade no extrato, certificando que o eletrodo esteja imerso e sem bolhas de ar. Os resultados brutos da condutividade

elétrica serão corrigidos pelo fator de diluição do extrato para que possam ser expressados em unidades compatíveis com o solo saturado. (TEDESCO. *et al.* 1995.)

8.2.3 Granulometria

O método da pipeta descrito pelo Laboratório de Física do Solo da UFSM consiste em fazer uma solução com a amostra de solo, Calgon, água destilada, homogeneizar e deixar repousando por 1 noite. Posteriormente transferir para um copo com agitador, adicionar água destilada, agitar, passar a suspensão pela peneira determinada e no final transferir para uma proveta onde será feita a lavagem do material retido. É necessário transferir o material retido para a lata onde será resfriado em um dessecador e anotar a massa. (UFSM; Laboratório de Física do Solo, *apud* Embrapa, 1997).

Após separar com a peneira, é necessário completar a proveta com água, homogeneizar a mistura, medir temperatura e consultar o tempo de sedimentação, secar as latas, resfriá-las e medir a massa. Depois de aguardar o tempo de sedimentação, é necessário pipetar de maneira ágil 25 mL, transferir para a lata, secar, resfriar e medir a massa. Será necessário preparar uma solução contendo: Calgon e água destilada, agitá-la e medir a temperatura. Aguardar então o tempo correspondente, fazer a pipetagem de 25 mL, secar em lata, resfriar e medir a massa novamente. (UFSM; Laboratório de Física do Solo, *apud* Embrapa, 1997).

Para a prova em branco e para o cálculo da massa do dispersante, colocar Calgon em uma proveta e completar o volume com água destilada. Agitar, medir a temperatura, esperar o tempo correspondente, pipetar 25 ml e colocar em uma lata previamente pesada. Deixar na estufa e após a secagem, resfriar e pesar novamente. Com o apêndice A pode-se ter uma percepção mais nítida da ordem dos procedimentos. (UFSM; Laboratório de Física do Solo, *apud* Embrapa, 1997).

Ao final é necessário que sejam feitos os cálculos a partir das equações disponíveis na metodologia para determinar o teor de argila. Com o apêndice A pode-se ter uma percepção mais nítida da ordem dos procedimentos. (UFSM; Laboratório de Física do Solo, *apud* Embrapa, 1997).

8.2.4 Biomassa microbiana

Diferentes métodos podem ser utilizados para a determinação da biomassa microbiana do solo, e entre eles os mais utilizados de acordo com o livro de biomassa microbiana do solo de JUNIOR, F.B.R *et al*, (2007), são os métodos de clorofórmio-fumigação-incubação (CFI) e o clorofórmio-fumigação-extração (CFE), onde usam do clorofórmio para a esterilização das amostras do solo. Mas entre os dois métodos expostos, pela complexidade da utilização do CFE por determinar a matéria com base na extração e quantificação do C-orgânico das amostras, fumigadas e não fumigadas. Optamos pelo método CFI, no qual a determinação da biomassa é feita com base no fluxo de CO₂ liberado das amostras fumigadas e não fumigadas, o que também possibilita a determinação da respiração microbiana com sua utilização. aqui

8.2.4.1 Clorofórmio-fumigação-incubação(CFI)

A metodologia com o uso do clorofórmio por fumigação incubação de acordo com Jenkinson; Powlson (1976, *apud* JUNIOR, F.B.R *et al*, 2007) consiste em coletar as amostras e após, quando necessário, avaliar o teor de umidade das amostras de solo (20g) elevando 100% da capacidade de retenção de água (equivalente ao teor de H₂O retido no solo à tensão de 6 kPa), e as mesmas são pré-incubadas, por sete dias, à temperatura ambiente.

A seguir, metade das amostras são fumigadas por 48 horas em um dessecador contendo uma placa de Petri com 25 mL de clorofórmio livre de álcool. Neste período, as amostras não fumigadas são mantidas à temperatura ambiente. Após a fumigação, as amostras fumigadas e não fumigadas são transferidas para recipientes de vidro com tampas rosqueáveis e capacidade de 500 mL, contendo um frasco com 10 mL de KOH 0,3 mol L⁻¹. As amostras são então incubadas no escuro por 10 dias, à temperatura ambiente. A quantidade de CO₂ liberada do solo é determinada pela titulação com HCl 0,1 mol L⁻¹ onde antes da titulação, são adicionados 3 mL de BaCl₂ 20%, e utiliza-se fenolftaleína 1% como indicador. O cálculo para determinar é feito pela fórmula a seguir. (JUNIOR, F.B.R *et al*, 2007)

$$\text{mg CO}_2 = (B - V) \cdot M \cdot E$$

Em que B= volume de HCl necessário para titular o excedente de KOH da prova em branco; V= volume de HCl necessário para titular o excedente de KOH da amostra; M= molaridade do HCl 1 mol L⁻¹; E= peso equivalente do carbono. (JUNIOR, F.B.R *et al*, 2007)

A quantidade de CBMS é determinada pela diferença entre o CO₂ liberado das amostras fumigadas e não fumigadas, no período de 10 dias após a fumigação, utilizando-se um fator de correção (Kc) de 0,41 como na equação descrita a seguir:

$$C_{mic} = (CFI - CNFI) / Kc = \mu g \text{ g}^{-1} \text{ de C no solo}$$

Em que C_{mic} = carbono presente na biomassa microbiana do solo; CFI = carbono presente na amostra fumigada; CNFI = carbono presente na amostra não fumigada; Kc = fator de conversão de 0,41, ou seja, assume-se que apenas 41% da biomassa microbiana presente no solo é convertida a CO₂ durante os 10 dias de incubação após a fumigação. (JUNIOR, F.B.R *et al*, 2007)

8.2.5 Ensaio Enzimático - DAF

O método de hidrólise do diacetato de fluoresceína (DAF), descrito por Schnürer e Rosswall (1982) e otimizada por Green, Stott e Diack (2005), é utilizado para determinar a atividade microbiana total do solo, por meio da liberação de fluoresceína resultante da ação de enzimas hidrolíticas, como esterases, lipases e proteases. Primeiramente, utilizam-se diferentes tipos de solo, secos ao ar livre e peneirados em malha de 2 mm.

Em seguida, prepara-se o tampão fosfato de sódio, onde o pH estará entre 7,2 e 8,0. Será feita uma solução estoque de substrato com diacetato de fluoresceína (C₂₄H₁₆O₇) e também será preparada uma solução padrão de fluoresceína. Em cada ensaio, adiciona-se 1,0 g de solo seco e peneirado em um frasco Erlenmeyer de 125 mL. Em seguida, acrescentam-se 50 mL do tampão fosfato de sódio 60 md L⁻¹ e 0,50 mL da solução de substrato de DAF. As amostras são incubadas por 3 horas a 37 °C, podendo permanecer em condição estática ou sob agitação a 200 rpm em agitador orbital. (SCHNÜRER; ROSSWALL, 1982, p.1257)

Após a incubação, serão adicionados 2 mL de acetona para interromper a reação de hidrólise do substrato, e o conteúdo é levemente agitado para homogeneização. Em seguida, aproximadamente 30 mL da suspensão são transferidos para tubos de centrifuga de 50 mL e centrifugados a 8.000 rpm por 5 minutos em centrífuga refrigerada. O sobrenadante obtido é filtrado através de papel de filtro Whatman nº 2.

A fração filtrada é coletada em tubos de colorímetro e tem sua absorbância medida em espectrofotômetro ajustado para o comprimento de onda de 490 nm. Para cada solo, é realizado um controle de cor não enzimática, repetindo o mesmo procedimento, mas

substituindo o substrato por 0,50 mL de acetona pura, de modo a corrigir eventuais colorações não derivadas da hidrólise do DAF. Além disso, é preparado um branco do reagente, contendo apenas os reagentes sem solo, para monitorar o desenvolvimento espontâneo de cor que pode ocorrer a 37 °C. Esse valor deve ser subtraído das leituras obtidas nas amostras analisadas. (SCHNÜRER; ROSSWALL, 1982, p.1257)

9 CRONOGRAMA

O processo do início da execução da pesquisa até a apresentação do relatório final terá uma duração de um ano. Portanto é necessário que façamos um cronograma com as atividades a serem realizadas ao longo da pesquisa. Como podemos observar com o quadro a seguir:

Quadro 1:

ETAPAS	Cronograma 2026.1				
	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Pesquisa bibliográfica	X	X	X	X	X
Coleta de amostras	X	X			
Aplicação das metodologias	X	X	X	X	
Análise e interpretação de dados			X	X	X
Produção do relatório parcial			X	X	
Entrega do relatório parcial					X

REFERÊNCIAS

- ARENA JARAGUÁ. **A notícia**, Jaraguá do Sul, Santa Catarina, 17 ago. 2007. p. A23.
- Arena Jaraguá**. *Wikipédia, a enciclopédia livre*. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Arena_Jaragu%C3%A1. Acesso em: 1 nov. 2025.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G & SOUZA, L. F. S. Amostragem do solo. In: BORGES, A. L. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Cap. 4. p.67-69. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134518/1/livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 26 out. 2025.
- BRASIL. **Roteiro para Encerramento de Lixões – Apoio para tomada de decisões**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/proteger/biblioteca/23_12_21_Roteiro_de_encerramento_de_lixoes.pdf. Acesso em: 9 nov. 2025.
- CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. **Matéria orgânica do solo**. 2015. Disponível em: www.alice.cnptia.embrapa.br, 2015. Acesso em: 12 nov. 2025.
- DIÁRIO DA JARAGUÁ. **Prefeitura de Jaraguá vai concluir projeto de recuperação ambiental do antigo lixão**. 2022. *Diário da Jaraguá*, 07 jun. 2022. Disponível em: <https://www.diariodajaragua.com.br/geral/prefeitura-de-jaragua-vai-concluir-projeto-de-recuperao-ambiental-do/470825/>. Acesso em: 2 nov. 2025.
- DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; PAULA, A. M. de; MACEDA, A.; MATANNA, A. L. **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: SBCS: NEPAR, 2016. cap. 13, p. 78-83. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1044431/1/Diana11.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2025.
- GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; DIACK, M. **Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples**. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 38, n. 4, p. 693–701, jul. 2005.
- MOLIN, J. P.; FAULIN, G. D. C. **Spatial and temporal variability of soil electrical conductivity related to soil moisture**. *Sci. Agric.*, v. 70, n. 1, p. 1–5, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000100001>. Acesso em: 01 out. 2025.
- MOREIRA, F. M. S. SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Editora UFLA, 2006. Disponível em: https://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/85/8e/858e7777-a548-4aff-9ac0-f83d151ec604/moreira_e_siqueira_-_microbiologia_e_bioquimica_do_solo_-_2ed_-_2006.pdf. Acesso em: 12 nov. 2025.

NOVAES, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds.) **Fertilidade do solo: Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

PRZYDATEK, G.; KANOWNIK, W. **Physicochemical indicators of the influence of a lined municipal landfill on groundwater quality: a case study from Poland**. *Environmental Earth Sciences*, v. 80, n. 456, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09743-y>. Acesso em: 01 out. 2025.

REIS JUNIOR, F. B. D; MENDES, I. C. **Biomassa microbiana do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.

REIS-JÚNIOR, F. B.; MENDES, I. C. **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas**. In: *FERTBIO*, 2006, Bonito, MS. Anais [...]. Bonito: FERTBIO, 2006.

ROBINSON, P. K. **Enzymes: principles and biotechnological applications**. *Essays Biochem*, v. 59, p. 1-41, 2015. DOI: 10.1042/bse0590001. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4692135/pdf/bse0590001.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SÁ, Marcos Aurélio Carolino de. **Dispersão do solo para análise granulométrica: uma breve revisão**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1142309/1/Doc-388.pdf>. Acesso em: 29 out. 2025.

SCHNÜRER, J.; ROSSWALL, T. **Fluorescein Diacetate Hydrolysis as a Measure of Total Microbial Activity in Soil and Litter**. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 43, n. 6, p. 1256–1261, 1982.

SILVA, Victor Costa. **Atividade enzimática no solo e dinâmica de carbono e nitrogênio em pastos de capim-tanzânia sob índices de área foliar residual**. Unesp, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/131caa09-eb46-477b-91b8-325f07c530ac/content>. Acesso em: 12 nov. 2025.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. Boletim técnico, n. 5. 174 p. Acesso em: 12 nov. 2025.

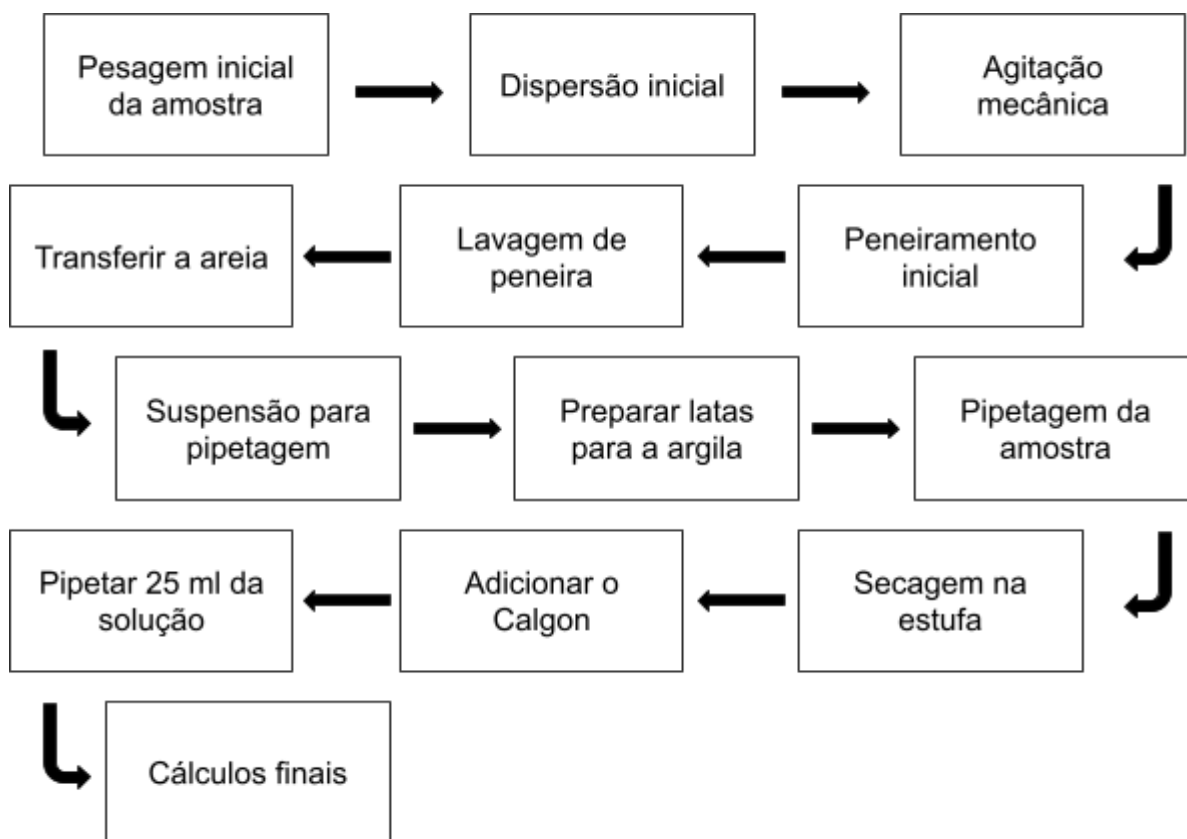
TEIXEIRA, P. C.; CAMPOS, D. V. B. de; SALDANHA, M. F. C. pH do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Pt. 2, cap. 1, p. 199-202. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1087312/1/Pt2Cap1pHdosolo.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Centro de Ciências Rurais. Departamento de Solos. **Análise granulométrica:** método da pipeta. Santa Maria, RS: Laboratório de Física do Solo, UFSM/CCR, [s.d.]. Disponível em: <https://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/TexturaPipeta1.pdf> Acesso em: 5 de nov. 2025.

VELOSO, C. A. C. et al.. **Capítulo 10 - Correção da acidez do solo.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127245/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-123-133.pdf>. Acesso em: 29 out. 2025.

XAVIER, Francisco Alisson da Silva. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá.** Brasília, DF: Embrapa, 2021. Cap. 1. p.15-25. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134518/1/livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 27 out. 2025.

APÊNDICE A - Fluxograma dos procedimentos



Fonte: autoria própria.