



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Faculdade de Formação de Professores

Caroline Penha Santos

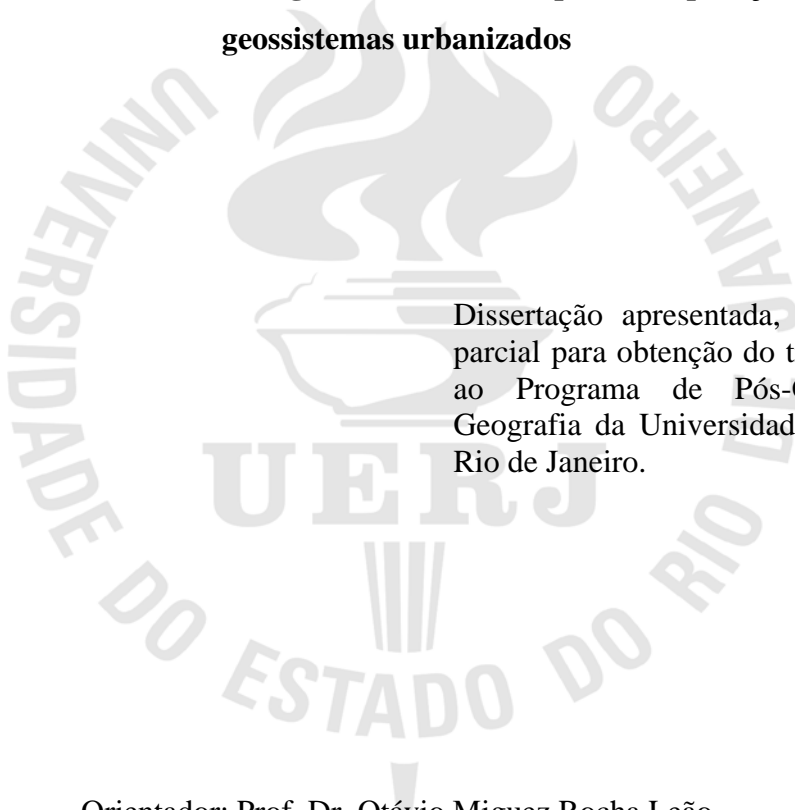
**Sistema Agroflorestal em área degradada: subsídios para recuperação de
solos em geossistemas urbanizados**

São Gonçalo

2022

Caroline Penha Santos

Sistema Agroflorestal em área degradada: subsídios para recuperação de solos em geossistemas urbanizados



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Otávio Miguez Rocha Leão

São Gonçalo

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/D

S237 Santos, Caroline Penha.
Sistema Agroflorestal em área degradada: subsídios para recuperação de solos em geossistemas urbanizados / Caroline Penha Santos. – 2022. 90 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Otávio Miguez Rocha Leão.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores.

1. Solos – Degradação – Teses. 2. Solo urbano – Uso – Teses. 3. Solos – Conservação – Teses. I. Leão, Otávio Miguez Rocha. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Formação de Professores. III. Título.

CRB/7 - 4994 CDU 632.125

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Caroline Penha Santos

Sistema Agroflorestal em área degradada: subsídios para recuperação de solos em geossistemas urbanizados

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovado em 11 de fevereiro de 2022.

Banca Examinadora:

Prof.º Dr. Otavio Miguez Rocha Leão (Orientador)
Faculdade de Formação de Professores – UERJ

Prof.^a Dra. Maria Luiza Felix Marques Kede
Faculdade de Formação de Professores – UERJ

Prof.º Dr. André de Souza Avelar
Universidade Federal do Rio de Janeiro

São Gonçalo

2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos que, por insistência – graças a Deus, não permitiram que eu desistisse.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a comunidade acadêmica pelo apoio as pesquisas, aos trabalhos de campo e aos anos de ensinamentos.

Aos professores da UERJ FFP que me transmitiram seus ensinamentos, e que lutam a cada dia por uma educação inovadora e de qualidade.

Agradeço principalmente ao meu orientador Otávio Miguez pela paciência e por ter fé em mim e neste trabalho.

Agradeço a FAPERJ pela concessão da Bolsa de Mestrado que me permitiu concentrar meus esforços e objetivos na pesquisa desta dissertação.

Agradeço também ao Sr. Ricardo do Vale, secretário da Defesa Civil de São Gonçalo, por ceder os dados e mapas para a realização deste trabalho e pela disponibilidade em me auxiliar.

Agradeço aos professores e alunos do projeto Kamuatá, pelas trocas nos campos, nas reuniões, pelos materiais compartilhados e pela oportunidade de participar deste grupo tão plural e sistêmico. Foi maravilhoso fazer parte do desenvolvimento do SAF.

Agradeço aos amigos, professores e parceiros do Laboratório de geociências da FFP, que estiveram comigo em tantas análises, trabalhos de campo, seminários, e cafés da tarde sempre tão agradáveis - e tão aproveitados. Aos amigos e colegas de profissão Vanessa Matos, Jeferson Rosa, Bruno Mattos, Luiz Felipe Hygino, Isabelle Ribeiro, Renata Florêncio, Jeniffer Sanches, Carlos Augusto Tornio, Darllan Souza, Pablo Alfradique, e sem dúvidas a Mariana Ferreira. Mari, o que são as palavras perto de você e da sua amizade genuína e leal: nada. Você foi âncora e travesseiro, rocha e cobertor de folhas, desde o início desta caminhada no mestrado. Obrigada, amiga.

O meu muito obrigada também a Sra Lucía, ao Sr Luiz e a professora Ana Bertolino pelo tempo de pesquisa na EEPE AFEN. Fizeram parte da minha história acadêmica, que me fez crescer pessoal e profissionalmente.

Agradeço a minha família por todo suporte, principalmente aquele que mais ninguém pôde oferecer: o suporte de filha, irmã e esposa. Em especial, a Wendel pelo brilho no olhar ao me olhar. Isso faz tamanha diferença.

E por fim mas não menos importante, obrigada Tânia.

Todos foram fundamentais para me fazer chegar até aqui.

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

SANTOS, Caroline Penha. **Sistema Agroflorestal em área degradada**: subsídios para recuperação de solos em geossistemas urbanizados. 2022. 90 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2022.

O objetivo desse trabalho consiste em observar as etapas iniciais da implantação de um sistema agroflorestal (SAF) em um cambissolo, utilizando leguminosas para recuperação do topo do solo degradado na Estação Experimental Kamuatá (EEK) localizada no campus da Faculdade de Formação de Professores (FFP). Dessa maneira pretende-se monitorar os primeiros efeitos da revegetação no solo, munindo-se de dados climáticos e pedológicos da região como subsídio para o desenvolvimento do SAF. O trabalho será desenvolvido em três capítulos, através dos quais serão apresentados a base teórica relacionadas ao solo e aos sistemas agroflorestais, os dados empíricos em uma análise integrada da área de estudo e o desfecho com subsídios para implantação de sistemas agroflorestais através do projeto da estação experimental Kamuatá. Os resultados encontrados após 30 meses após a instalação do projeto, sendo 10 meses de manejo intensivo e 20 meses de crescimento espontâneo foram satisfatórios em relação ao aumento da diversidade das espécies, transformação do topo do solo, diminuição do escoamento superficial e ampliação da copa das árvores. Conclui-se que o sistema agroflorestal analisado foi capaz de produzir, ele mesmo através de trocas de energia e matéria com o ambiente os subsídios para a restauração do solo degradado.

Palavras-chave: Degradação do solo. Agroflorestas. Sistemas urbanos.

ABSTRACT

SANTOS, Caroline Penha. **Agroforestry system in degraded area: subsidies for soil recovery in urbanized geosystems.** 2022. 90 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2022.

The objective of this work is to observe the initial stages of the implementation of an agroforestry system (AFS) in a cambisol, using legumes to recover the top of the degraded soil at the Kamuatá Experimental Station (KES) located on the Faculty of Teacher Training (FFP) campus. Thus, it is intended to monitor the first effects of revegetation on the soil, using climatic and pedological data from the region as a subsidy for the development of the SAF. The work will be developed in three chapters, through which the theoretical basis related to the soil and agroforestry systems, empirical data in an integrated analysis of the study area and the outcome with subsidies for the implementation of agroforestry systems through the Kamuatá experimental station project. The results found after 30 months after the installation of the project, being 10 months of intensive management and 20 months of spontaneous growth, were satisfactory in relation to the increase in species diversity, transformation of the top of the soil, decrease in runoff and enlargement of the crown of the trees. It is concluded that the analyzed agroforestry system was able to produce, through exchanges of energy and matter with the environment, subsidies for the restoration of degraded soil.

Keywords: Soil degradation. Agroforests. Urban systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Modelo Geral das interações das paisagens	21
Figura 2 –	Fluxo de energia e nutrientes dentro de um agroecossistema	28
Quadro 1 –	Diferenças importantes na estrutura e função entre os agroecossistemas e ecossistemas naturais	28
Quadro 2 –	Classificação granulométrica quanto ao diâmetro das partículas	38
Figura 3 –	Localização do município de São Gonçalo e do bairro Patronato	46
Figura 4 –	Média mensal da precipitação no campus UERJ FFP entre 2005 e 2016	47
Figura 5 –	Mapa geomorfológico do Município de São Gonçalo	48
Figura 6 –	Bacias Hidrográficas do município de São Gonçalo, com destaque para a bacia do Rio Marimbondo (nº03), onde fica localizada a EEK .	49
Figura 7 –	Classificação Pedológica do município de São Gonçalo	50
Figura 8 –	Mapa de Uso e Cobertura do Solo do município de São Gonçalo	52
Figura 9 –	Mapa de Padrões de Relevo do município de São Gonçalo	53
Figura 10 –	Mapa do campus da Faculdade de Formação de Professores – UERJ ..	55
Figura 11 –	Detalhes do primeiro multirão	57
Figura 12 –	Esquema representativo no primeiro plantio no início de agosto.	58
Figura 13 –	Plantio de mandioca e feijão guando na parcela SAF	59
Figura 14 –	Croqui da área do SAF e da área de gramíneas no final de agosto	60
Figura 15 –	Mudas de feijão de porco, mandioca e feijão guando	61
Figura 16 –	Desenvolvimento da mandioca e do feijão guando em 22 de outubro de 2019	62
Figura 17 –	Detalhes do terceiro multirão	63
Figura 18 –	Retirada de amostra indeformada	64

Figura 19 –	Abertura da área à direita do SAF	65
Figura 20 –	Mudas de árvores nativas	65
Figura 21 –	Processo de plantio da nova área	66
Figura 22 –	Croqui da parcela SAF	67
Figura 23 –	Abertura do perfil pedológico	69
Figura 24 –	Instrumentos usados na aferição diária da Estação Climatológica da UERJ FFP	70
Figura 25 –	SAF durante a pandemia de COVID 19 em junho de 2020	72
Figura 26 –	Espécies frutíferas em maio de 2021	73
Figura 27 –	Paisagem do SAF em maio de 2021	74
Figura 28 –	Detalhe do solo do SAF em dezembro de 2021	75
Figura 29 –	Copa das árvores em dezembro de 2021	76
Figura 30 –	Proporção da altura das árvores versus a altura do capim colônia	76
Figura 31 –	Cálculo através do Triângulo textural, apresentando como resultado a textura franco-arenosa	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Resultados de Granulometria	78
Tabela 2 –	Total pluviométrico diário no período de agosto de 2019 a fevereiro de 2020	80
Tabela 3 –	Relação entre os índices pluviométricos e a quantidade de eventos do período	81
Tabela 4 –	Totais pluviométricos mensais	82

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	13
1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: SISTEMAS AGROFLORESTAIS, RECUPERAÇÃO DE SOLOS E OS GEOSSISTEMAS URBANOS	19
1.1	Paisagens antropogênicas e geossistemas urbanos	19
1.1.1	<u>Solo como elemento fundamental dos geossistemas</u>	24
1.2	Agroecologia e Sistemas Agroflorestais	26
1.2.1	<u>PRAD – Programa de recuperação de áreas degradadas</u>	29
1.3	Dinâmica Hídrica e Recuperação de solos	30
1.3.1	<u>Manejo e conservação de solos</u>	30
1.3.2	<u>O uso de Leguminosas para restauração do solo agrícola</u>	33
1.3.3	<u>Propriedades Físicas do Solo</u>	37
1.3.4	<u>Água no Solo</u>	39
1.3.5	<u>Infiltração</u>	41
1.3.6	<u>Topografia</u>	43
1.3.7	<u>Cobertura Vegetal</u>	44
2	ÁREA DE ESTUDO: MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO	45
2.1	Localização	45
2.2	Clima	46
2.3	Geomorfologia	47
2.4	Hidrografia	48
2.5	Solos	50
2.5.1	<u>Cambissolos</u>	51
2.6	Ocupação Urbana e cobertura vegetal	51

3	METODOLOGIAS APLICADAS	54
3.1	A Estação Experimental Kamuatá no campus da FFP-UERJ / SG	54
3.1.1	<u>Localização do SAF</u>	54
3.1.2	<u>Manejo na Estação Experimental Kamuatá</u>	55
3.2	Análises Físicas	68
3.2.1	<u>Análise Granulométrica</u>	68
3.2.2	<u>Análise Pluviométrica</u>	69
4	RESULTADOS	71
4.1	SAF Kamuatá	71
4.2	Análises Pedológicas	77
4.3	Análise Pluviométrica	80
	CONCLUSÕES	83
	REFERÊNCIAS	85

INTRODUÇÃO

A realidade urbana atual demanda do meio ambiente muito esforço para manter-se em equilíbrio. Em qualquer zona urbana se encontram elementos naturais que, ora parecem se destacar da paisagem surgindo como adornos, ora são defeitos que precisam ser escondidos ou modificados para melhor aproveitamento da urbanização – seja no recorte de uma encosta para construção civil ou abertura de vias públicas, ou na construção de um parque no meio da cidade. Estes exemplos são corriqueiros nos centros urbanos e os problemas ambientais decorrentes destas práticas também são tão comuns quanto.

Em São Gonçalo, município da área metropolitana do estado do Rio de Janeiro, este cenário não é diferente. Existem muitos problemas ambientais na cidade, porém os que mais se destacam devido as características geomorfológicas e climática da região são as enchentes e erosões. Diversos trabalhos acadêmicos foram centrados nestas discussões a fim de buscar formas de se minimizar a degradação, e algumas soluções foram apontadas. Uma das muitas metodologias de recuperação ambiental é através do reflorestamento de encostas, e é neste caminho que o presente trabalho visa prosseguir. As culturas agroecológicas visam a utilização do solo para produção econômica ou subsistência, com a preocupação de minimizar ou exaurir os impactos e possíveis propagações no sistema pedológico.

Vezzani e Mielniczuk (2011) apresentam o solo como um corpo dinâmico que se encontra em determinada paisagem, formado a partir da modelagem realizada pelo clima e organismos no relevo sobre determinado material de origem ao longo do tempo. O solo recebe a visão sistêmica ao ter relações de troca de matéria e energia com o ambiente ao seu entorno, sendo caracterizado como um sistema aberto tendo *inputs* e *outputs* ao longo de toda sua cadeia evolutiva. Sendo assim, entende-se que qualquer atividade que utilize-se do solo tende a alterar sua estrutura nos primeiros centímetros, seja por compactação, aração, deposição de materiais, retirada da camada superior, manejos, entre outros impactos. A construção civil, a agricultura, a urbanização e a mineração são exemplos de atividades que podem impactar o solo de imediato devido a sua alta dependência do mesmo para executar suas tarefas.

No ramo da agricultura as alterações sob o solo se tornaram mais intensas a partir da revolução verde, implementada na América Latina na segunda metade do século XX, cujo objetivo era o aumento da produtividade das atividades agrícolas, munindo-se de uso de insumos químicos, mecanização da atividade agrícola, irrigação e utilização de espécimes animais e vegetais geneticamente modificadas que trouxessem alto rendimento. Entretanto

este modelo de desenvolvimento na agricultura trouxe crises ambientais, sociais e econômicas. A partir de debates e lutas, o ideal de sustentabilidade se expandiu e insere-se na perspectiva de gerar desenvolvimento sem exploração intensiva e agressiva dos recursos naturais, associando e equilibrando todos os seus objetivos.

Almeida (2004) diz que esta nova forma de praticar agricultura mais sustentável traz consigo alguns desafios, entre eles o desafio ambiental, econômico, social, territorial e tecnológico, que são maiores e mais complexos de acordo com as limitações impostas pela própria natureza e que para superá-los é necessário um profundo conhecimento sobre o meio, tanto em seus aspectos físicos e biológicos quanto em seus aspectos humanos. Para a autora, é necessária uma nova “(agri)cultura” que concilie os processos biológicos – envolvendo as plantas e os animais; os processos geoquímicos e físicos - entendimento do solo que é a base da produção agrícola; e os processos produtivos envolvendo os componentes sociais, políticos, econômicos.

Assim, a abordagem agroecológica incentiva os pesquisadores a penetrar no conhecimento e nas técnicas dos agricultores e a desenvolver agroecossistemas com uma dependência mínima de insumos agroquímicos e energéticos externos (ALTIERI, 1987 apud ALTIERI, 2004). O objetivo, de acordo com o mesmo autor, é trabalhar com e alimentar sistemas agrícolas complexos onde as interações ecológicas e sinergismos entre os componentes biológicos criem, eles próprios, *a fertilidade do solo, a produtividade e a proteção das culturas*.

Os efeitos no solo após a utilização da agroecologia implementadas pelas ONGS (ALTIERI, 2004) incluem o aumento do conteúdo da matéria orgânica, estímulo da atividade biológica, incremento da mineração dos nutrientes, queda da erosão, conservação da água e do solo, melhoria da estrutura e condições gerais do solo, melhoria da retenção e reciclagem de nutrientes, equilíbrio positivo dos nutrientes, e aumento da atividade de micorrizas e de antagonistas, além de outros efeitos envolvendo a cobertura do solo e eliminando ervas daninhas, o uso do cultivo mínimo para reduzir doenças no solo. Pode inicialmente devido a nova regulação do sistema diminuir a produção, mas há melhora na produção com o passar do tempo, além dos baixos custos de produção, ambientais, menor depreciação do solo, maior eficiência energética, entre outros benefícios e efeitos do uso da agroecologia. Para a utilização em agroflorestas estes efeitos se maximizam, visto que a diversidade entre as espécies vegetais se expandem.

Agroflorestas são, em resumo, sistemas agrícolas em consórcio com árvores, aproveitando a sombra das copas das árvores e diversificando o crescimento das culturas em

temporalidades de ciclo curto e ciclo médio ao longo de produção. A alta complexidade de um sistema agroflorestal propicia a reestruturação do solo degradado, e de acordo com o desenvolvimento do SAF, o solo pode apresentar resultados físicos e químicos mais propícios à fertilidade, aumento de matéria orgânica, menor erosão superficial, melhor infiltração e recarga do sistema aquífero, entre outros benefícios.

Altieri (2004) apresenta a ideia de sistemas na agricultura, que incorpora todos os agentes envolvidos na produção agrícola. Para o autor, a produção sustentável em um agroecossistema deriva do equilíbrio entre plantas, solos, nutrientes, luz solar, umidade e outros organismos coexistentes, e o agroecossistema se torna produtivo e saudável quando estas condições de crescimento ricas e equilibradas prevalecem, e quando as plantas permanecem resilientes de modo a tolerar estresses e adversidades. Altieri tem a mesma concepção sistêmica apresentada por Christofolletti (1999), que apresenta as ideias de sistema, distúrbio, resiliência e resistência, autorregulação, complexidade e desequilíbrio.

As áreas urbanas possuem diversos problemas ambientais, muitos graças à ação antrópica que altera cotidianamente o topo do solo, degradando o ambiente com os mais diversos materiais provenientes principalmente da indústria e da construção civil. Como se sabe, a grande ocupação populacional concentrada nos morros fluminenses vira motivo de preocupação quando ocorrem eventos pluviométricos de grande magnitude, que associados a solos descobertos podem provocar diversos movimentos de massa, podendo levar a perdas de vida e de bens materiais.

O município de São Gonçalo tem em sua geomorfologia grandes morrotes, morros e colinas densamente ocupados pela população urbana, e são justamente estas áreas que mais sofrem com deslizamentos e outros processos erosivos nas encostas, como são mostrados por autores como Lemes (2011), Bertolino et al. (2015), e Firmino (2019). Estes e outros autores, entre eles Santos (2016), Santos & Bertolino (2019), e Portela et al (2012) que em seus trabalhos demonstraram como a falta da cobertura vegetal aumenta os processos hidroerosivos, reforçam a importância de se ter cobertura vegetal nas encostas a fim de minimizar os problemas associados à perda de solo superficial. Quando associados com o uso de leguminosas, Igreja Junior (2015) e diversos outros autores destacam os benefícios de se utilizar estas coberturas vegetais não apenas para o controle erosivo, mas, para a regeneração de solos degradados.

São Gonçalo tem em sua mancha urbana grande parte da população moradora de morros e em seus entornos. Os maiores problemas ambientais resultantes dessa ocupação nas encostas são os movimentos de massa e os processos erosivos, justamente pelos processos que

são realizados para fixar moradia em local íngreme, como corte do terreno e formação irregular de taludes, que podem gerar risco e possivelmente causar danos físicos ou materiais aos moradores dessas áreas.

Com o trabalho da Defesa Civil no município de São Gonçalo, é possível observar os pontos de distribuição dos movimentos de massa. Ao comparar os mapas com as ocorrências dos fenômenos, o mapa geomorfológico e o mapa de vegetação, nota-se que as ocorrências possuem maior concentração na zona urbana e em áreas mais íngremes sem vegetação específica. É importante informar que tais pontos são criados a partir de ocorrências geradas pelos próprios moradores que informam um deslizamento em sua moradia ou em localidades próximas.

Apesar destes problemas e associados à eles, existe também a prerrogativa de que os geossistemas urbanos são mais complexos por ter em sua estrutura peças-chaves exclusivas da sociedade: as relações econômicas, as indústrias, as residências, rodovias e ruas, ou seja, a dimensão dos fatores humanos que são capazes de alterar ou transformar o ambiente.

É neste sentido que se insere a premissa de que, dentre os vários problemas das cidades, um que pode ser solucionado através de soluções mais simples é referente aos solos degradados que, caso não sejam revertidos em solos saudáveis, podem causar grandes danos e gerar riscos à propriedade e à vida dos habitantes. E dentre as formas de recuperação de solos está a instalação de agroflorestas em encostas para aumentar a vegetação e reestruturar o solo.

A área em que foi instalada a Estação Experimental Kamuatá (EEK) é representativa no município: está situada em uma área moderadamente declivosa, possui traços de resquício de material proveniente da construção civil, tem solo pouco desenvolvido e possui a mancha urbana ao seu redor, incluindo casas acima de sua localização e um prédio logo abaixo. É um ambiente que apresenta diversas problemáticas e que já passou por movimento de massa em seu passado.

O grande motivo de salientar o desenvolvimento deste trabalho é a esperança de que através dele, novos estudos e projetos sobre revegetação agroecológica em solos degradados nas encostas urbanas de São Gonçalo sejam iniciados e concluídos.

O objetivo desse trabalho consiste em analisar as etapas iniciais da implantação de um sistema agroflorestal (SAF) em um cambissolo, utilizando leguminosas para recuperação do topo do solo degradado na Estação Experimental Kamuatá (EEK) localizada no campus da Faculdade de Formação de Professores (FFP) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), localizada no município de São Gonçalo. Dessa maneira pretende-se monitorar os

primeiros efeitos da revegetação no solo, munindo-se de dados climáticos e pedológicos da região como subsídio para o desenvolvimento do SAF.

Especificamente, pretende-se:

- a) Realizar a abertura de um perfil pedológico representativo da área onde se localiza a EEK e caracterizar o topo do solo das áreas recobertas por gramíneas;
- b) Analisar a granulometria e comparar este e outros dados com LEMES (2011);
- c) Analisar dados climáticos da Estação Climatológica da FFP-UERJ e decompor as chuvas entre o período de agosto de 2019 a fevereiro de 2020;
- d) Comparar os resultados do desenvolvimento do SAF após 30 meses de instalação através de análises de imagem e trabalho de campo.

O trabalho foi desenvolvido em quatro capítulos, através dos quais foram apresentados a base teórica relacionadas ao solo e aos sistemas agroflorestais, os dados empíricos em uma análise integrada da área de estudo, a metodologia empregada em cada análise e o desfecho com subsídios para implantação de sistemas agroflorestais através do projeto da estação experimental Kamuatá e os resultados das análises realizadas.

No primeiro capítulo serão apresentados os fundamentos teóricos que nortearão o presente trabalho. Dentre os conceitos que serão abordados, estão a agroecologia, o sistema solo, os sistemas agroflorestais e as propriedades físicas do solo. Para tal foram necessários levantamentos bibliográficos sobre tais conceitos. Estes parâmetros serão necessários para que haja compreensão sobre o projeto desenvolvido e também sobre as características físicas do município de São Gonçalo.

No segundo capítulo, pretende-se fazer uma amostragem da dinâmica ambiental e urbana do território gonçalense, caracterizando sua geomorfologia, geologia, climatologia, e demais características que permitirão discussões acerca dos problemas ambientais existentes na cidade. Dados recentes de precipitação e movimentos de massa serão apresentados para expor o panorama ambiental da região e indicar as possíveis soluções a médio e longo prazo.

No terceiro capítulo serão apresentados os modos que se desenvolveram o projeto Kamuatá, a metodologia empregada para o manejo do solo, as rotinas de limpeza e poda das culturas e da área com gramíneas, as espécies utilizadas, e o acompanhamento do desenvolvimento do SAF até o início de 2020 enquanto houve monitoramento. Também abordará quais métodos foram utilizados para as análises de granulometria e pluviométrica.

Por fim, será apresentado os resultados do projeto Kamuatá, começando pelo período sem manejo durante a pandemia de COVID-19. Durante os anos de 2020 e 2021 não se obteve acesso cotidiano ao SAF e os resultados provenientes deste experimento estão descritos neste capítulo, conjuntamente com os resultados encontrados com as análises do topo do solo e as análises realizadas através do monitoramento da chuva em 2019 e 2020.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: SISTEMAS AGROFLORESTAIS, RECUPERAÇÃO DE SOLOS E OS GEOSISTEMAS URBANOS

Este primeiro capítulo apresenta as bases teóricas que cernem todo o desenvolvimento do trabalho. Na primeira sessão, serão abordados temas chave na geografia, como as paisagens e os geossistemas, abrindo uma aprofundação sobre a paisagem das cidades e a apropriação do meio pelo homem, e também os conceitos de geossistemas, sistemas abertos e fechados, e as relações existentes dentro de cada conjunto de sistemas.

Na segunda sessão deste capítulo, entra em discussão a agroecologia, os sistemas agroflorestais e as tipologias envolvidas, e também o PRAD, que é o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas.

Na terceira sessão são aprofundados os conceitos relacionados a dinâmica hídrica e a recuperação de solos. A maneira como os solos são manejados auxiliam em sua conservação, e associados ao uso de leguminosas esta restauração do solo se torna mais eficiente. A partir desta prerrogativa, surgem outros conceitos relacionados a reestruturação do solo, como as propriedades do solo, a função da água no solo e principalmente sua capacidade de infiltração, e como características como a topografia e a cobertura vegetal auxiliam nesse processo.

1.1 Paisagens Antropogênicas e Geossistemas Urbanos

Na geografia, a paisagem é um dos conceitos mais utilizados e debatidos entre as mais diversas esferas. Muitos autores desde o primórdio da ciência geográfica fazem uso deste termo para representar a natureza e seu dia-a-dia. Entretanto, o conceito de paisagem tem variado na história do pensamento geográfico, pois como diz Vitte (2007), ‘a paisagem, como categoria social é construída pelo imaginário coletivo, historicamente determinado, que lhe atribui uma determinada função social’. E continua: “Por meio do conceito de paisagem, o imaginário social transforma culturalmente a natureza, ao mesmo tempo, que os sistemas técnicos agregam ao território as formas-conteúdo da paisagem constituídas por representações sociais”. A discussão sobre a categoria de paisagem é fundamental para a institucionalização da geografia como uma ciência que tem como objeto de estudo a superfície terrestre e seus aspectos físicos e humanos. Desta forma, é de grande importância

para a geografia compreender a história do pensamento e como se desenvolveu um conceito representativo de tão grande abrangência nos estudos científicos.

Desde os tempos primórdios da geografia, a paisagem tem encontrado diferentes significados. Christofolletti (1999) apropriando-se de outros autores, diz que:

‘O uso do termo *paisagem* está relacionado com a palavra italiana *paesaggio*, introduzida a propósito de pinturas elaboradas a partir da natureza, durante a renascença, significando ‘o que se vê no espaço’; ‘aquilo que o olhar abrange... em um único golpe de vista’; ‘ocampo da visão’. A paisagem é, portanto, uma aparência e uma representação; um arranjo de objetos visíveis pelo sujeito por meio de seus próprios filtros, humores e fins’ (BRUNET, FERRAS e THÉRY, 1992). Entretanto, parece que o vocábulo germânico *Landschaft* seja o primeiro termo a surgir, existindo já na Idade Média, designando ‘uma região de dimensão média, o território onde se desenvolve a vida de pequenas comunidades humanas’(ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991) (apud CHRISTOFOLETTI, 1999, pag.38).

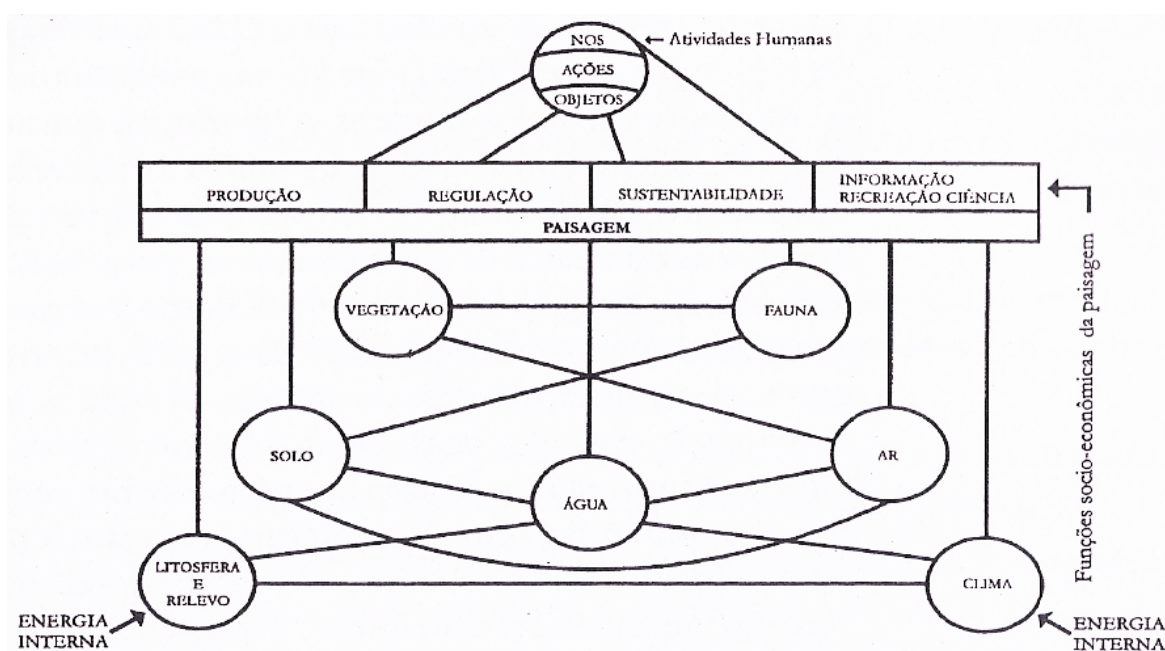
O autor segue dizendo que o paisagismo e as artes com jardins foram os pontos iniciais bordados pela estética, mas que somente com o tempo foi ganhando a conotação de estudo por naturalistas. Entretanto, nem todos os termos usados na Europa poderiam ser tratados como sinônimos, pois cada linguagem utilizava as palavras que melhor descreviam aquela determinada característica, como por exemplo, os anglo-saxões preferiram a palavra *scenary* em vez de usar *landscape*. O intuito, sob a perspectiva dos naturalistas sob a paisagem, como no caso de Humboldt, era “ressaltar a fisionomia da *pays*, o aspecto da vegetação,... e abranger tanto o clima e sua influência sobre os seres organizados, como o aspecto da paisagem, variada conforme a natureza do solo e de sua cobertura vegetal”. (ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991 apud CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Vitte (2007), os trabalhos de Humboldt foram capazes de influenciar a concepção de que existe harmonia na ordem natural e que a natureza se manifesta na superfície de modo diferenciada, dependendo da interação com seus elementos. De acordo com Christofolletti (1999) na perspectiva holística, permite-se que o espaço seja analisado e compreendido como um sistema ambiental, físico e sócio econômico, apresentando assim estrutura, funcionalidade e dinâmica entre os seus elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos.

Deste modo, é importante reconhecer que são difundidas diversas interpretações do termo paisagem e servindo de base principal para diferentes concepções científicas como nos informa Rodriguez (2007): paisagem como aspecto territorial, como cultural, como sistema econômico-social, como formação natural, e como formação antroponatural, que é a mais utilizada atualmente pelos geógrafos e como será relacionada neste trabalho.

A paisagem como formação antroponatural é consistido num sistema territorial composto por elementos naturais e antropotecnogênicos condicionais socialmente, que modificam ou transformam as propriedades das paisagens naturais originais. Segundo Rodriguez (2007), “forma-se ainda por complexos ou paisagens de nível taxonômico inferior. De tal maneira, considera-se a formação de paisagens naturais, antroponaturais e antrópicas, e que se conhece também como paisagens atuais ou contemporâneas”. A figura 1 abaixo mostra essa inter-relação entre os elementos que compõem a paisagem.

Figura 1 - Modelo Geral das interações das paisagens



Fonte: ZOONEVELD, 1995 apud RODRIGUEZ, 2007, p.15.

Rodriguez (2007) ainda fala sobre a funcionalidade na análise da paisagem, que é uma das principais propriedades do complexo geográfico como geossistema, determinando assim sua integridade e sua existência independente. Então o funcionamento da paisagem é um processo que cumpre ações, funções e trabalhos, trocando energia e matéria a partir da interação dos componentes da paisagem. O autor ainda cita duas grandes interpretações sobre a concepção sistêmica, que seriam a visão metafísica e a visão dialética. Segundo Rodriguez (2007), “a visão metafísica interpreta de forma mecanicista a noção de sistema. A visão dialética permite compreender qualquer objeto (seja a paisagem ou o meio ambiente como uma totalidade ambiental) desde uma posição integrativa e sistematizadora”, sendo a visão dialética a que mais seja difundida na geografia como um todo.

A paisagem seria, portanto, um meio de se observar a relação homem-meio. E incitando sobre a participação dos geógrafos físicos nesta área do conhecimento, nos diz que “em condições normais deve estudar, não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles”, e continua: “não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc.” (SOTCHAVA, 1977).

Partindo desse pressuposto, o conceito de geossistemas seria mais amplo do que o conceito de ecossistema, e resgata os conceitos de totalidade, complexidade e organização. Entende-se que para chegar ao todo, precisa-se compreender as partes. Os sistemas naturais ainda assim são diferentes dos sistemas econômicos, mas nos geossistemas há a interação econômica e social aliados à ciência natural e a paisagem – há uma conexão. Vale ressaltar que, o que delimita os geossistemas é o aspecto natural (a estrutura, dinâmica e evolução), entretanto dentro desta delimitação existem as transformações humanas.

A Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy diferencia o comportamento das partes quando estudadas isoladamente e quando tratadas no todo, assim permite a interpretação da paisagem pelas características afirmativas e integrativas dos elementos que compõem a paisagem nos mais diferentes contextos. As características afirmativas são definidas como aquelas inerentes ao elemento, que permitem sua identificação nas diferentes paisagens; já as características integrativas podem ser identificadas somente quando são analisadas juntamente das interações e/ou relações do elemento com os outros que compõem a paisagem, naquele contexto específico.

SCHUMM (1973) em seu capítulo *Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems*, diz que a paisagem pode ser considerada como um todo, ou em termo de seus componentes, como resultado de eventos passados ou de agentes erosivos modernos. Dependendo do recorte, a paisagem é um estágio no ciclo de erosão ou então o aspecto de equilíbrio dinâmico com as forças operativas, sendo o último estado mantido apenas durante frações do tempo total envolvido.

Algumas paisagens ou componentes de uma paisagem aparentemente evoluíram para uma condição de instabilidade geomórfica e essas formas de relevo falham; isto é, dependendo de seu desenvolvimento, eles serão significativamente modificados por um grande evento pouco frequente, enquanto outros não serão afetados. Portanto, haverá, mesmo dentro de uma mesma região, respostas diferentes às mesmas condições de estresse (SCHUMM, 1973, p.305 Tradução nossa)¹

¹ “Some landscapes or components of a landscape have apparently evolved to a condition of geomorphic instability and these landforms fail ; that is, depending on their development, they will be significantly modified

O estudo de geossistemas é capaz de desempenhar o principal papel na solução de numerosas questões onde a participação de geógrafos é necessária (GREGORY, 1985). De acordo com Christofolletti (1999) não existe análise neutra, e partindo desse pressuposto, entende-se que as análises espaciais são compostas de intencionalidades, e fica a critério do pesquisador saber quais são os aspectos que se deve priorizar para gerar uma informação, sendo a proximidade espacial um destes aspectos.

Classifica-se os sistemas segundo vários critérios, um deles é acerca da tipologia: isolados e não isolados. Os sistemas isolados são abstratos, não possuem interação com outros sistemas. Já os não-isolados têm interação com outros sistemas, sendo separados em sistemas fechados – onde há a troca de energia, e não de matéria; e sistemas abertos – em que há troca de energia e matéria. Os solos seriam exemplos perfeitos de sistemas não isolados abertos, pois possuem interação com outros sistemas (climático, por exemplo) e troca de energia e matéria (com a água servindo de agente transportador, e os elementos do clima como a temperatura que regula a entrada e saída de energia).

Entre os diversos critérios e características dos geossistemas, a aplicabilidade desta abordagem é o que neste momento toma uma maior atenção. Para tal aplicabilidade usam-se os modelos, que de acordo com Christofolletti (1999) são “aproximações altamente subjetivas, por não incluírem todas as observações ou medidas associadas, mas são valiosos para obscurecerem detalhes acidentais e por permitirem o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade”. Modelos gerais na natureza geográfica não existem sem as bases físicas – a geomorfologia, o clima, a pedologia, a biogeografia, a hidrologia, geologia, e seus trabalhos de campo.

Macedo et al. (2016) diz que em geral, análises estritas de geociências consideram apenas as variáveis biofísicas, ignorando as variáveis socioeconômicas que influenciam grandemente nas decisões dos agentes envolvidos. Por outro lado, análises estritamente socioeconômicas tendem a desconsiderar fatores biofísicos relacionados ao espaço. Ambas se complementam e são necessárias para uma gestão territorial satisfatória. Ou seja, a aplicabilidade de determinado estudo precisa fazer sentido para a sociedade em geral.

Precisa-se ter cuidado ao produzir modelos e compreender que as partes podem ter interações complexas. A ideia de complexidade é um paradigma, pois aborda os vários sistemas complexos existentes, e tem como característica principal a não linearidade das ações

e a realimentação do sistema. Como não há apenas as relações de causa-efeito, o “todo” é diferente das meras somas de suas partes. Nos sistemas complexos, não se pensa em todas as potencialidades das “partes”, mas do que elas interessam para o todo, para o conjunto. Cabe salientar também que a complexidade é aumentada pela interação humana.

Sendo assim, não se pode impor modelos de paisagens em condições diferenciadas, por exemplo, em condições em que haja o mesmo tipo de relevo e de geologia, mas onde o clima é diferente. Existem modelos geomorfológicos que buscam compreender a disposição dos solos que foram criados na Europa e que tentaram ser condicionados ao clima do Brasil – o que obviamente não funcionou, visto que as condições geográficas desta porção do planeta Terra são diferentes pela latitude, clima, vegetação, e conseqüentemente, o solo se desenvolve mais rapidamente nesses climas mais quentes em detrimento dos climas mais frios. A geomorfologia climática resolveu este problema com modelos evolutivos da paisagem.

Christofolletti (1999) também salienta a importância de se reconhecer que em um modelo não é exatamente a realidade que se encontra ali retratada, mas a visão do cientista, do observador naquele determinado sistema e a maneira com que percebemos essa realidade. A modelagem é usada para prever certas ações, não para explicar todo o cerne de uma questão.

1.1.1 Solo como elemento fundamental dos geossistemas

O solo é parte fundamental na compreensão da paisagem. É sobre ele que iniciaram os conceitos de paisagem, território, espaço geográfico, entre outros tão estudados na ciência geográfica. Este solo se encontra em determinada paisagem, formada a partir da modelagem realizada pelo clima e organismos no relevo sobre determinado material de origem ao longo do tempo.

“No ambiente, o solo funciona como um meio para o crescimento das plantas; regula e compartimentaliza o fluxo de água, estoca e promove a ciclagem de elementos químicos, e serve como um tampão ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente” (LARSON & PIERCE, 1994).

De acordo com Lepsch (2011), o solo tem a função de ser o alicerce da vida, e influencia diretamente na água que bebemos e nos vegetais que consumimos. Para a formação e desenvolvimento adequado das plantas, os elementos e nutrientes devem estar em quantidades adequadas nos solos, tendo da mesma forma uma capacidade natural de reciclar e

produzir nutrientes. Entretanto, quando substâncias perturbam o sistema, normalmente transfere essas substâncias à água e ao ar, pois não consegue removê-las.

O solo é um corpo aberto, dinâmico, resultado de interações complexas entre os minerais, plantas e a biota edáfica, capaz de manter a vida animal e vegetal da superfície terrestre (VEZZANI, MIELNICZUK, 2011). Esse sistema está sujeito à influência de diversas ações que atuam de forma interligada, variando seu comportamento hidrológico devido às técnicas de manejo que interferem em suas propriedades físicas e químicas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010; CHRISTOFOLETTI, 2011) e intervém na dinâmica da paisagem.

Este solo encontra-se inserido em determinada paisagem com formação antroponatural. Ele é constituído num sistema territorial composto por elementos naturais e antropotecnogênicos condicionados socialmente, que modificam ou transformam as propriedades das paisagens naturais originais (Rodriguez, 2007).

De acordo com a visão de Vezzani & Mielniczuk (2011), o solo apresenta a concepção geossistêmica da paisagem, assim sendo um produto das interações entre os fatores naturais e humanos sobre a superfície terrestre. Desta forma, é capaz de possuir qualidade a partir das relações e interações que estabelece entre seus elementos, sejam eles os minerais, as plantas e a biota que constituem o fluxo de matéria e energia no solo produzindo estados de ordem resultantes destas interações. Assim é que, fluxos destes elementos são continuamente transferidos dos minerais do solo para as plantas e destas para o solo, dos resíduos vegetais aos microorganismos do solo e destes aos minerais; fluxos de água passam continuamente através do solo, adicionando, transferindo e removendo elementos químicos, minerais e compostos orgânicos. Como componente próprio de um geossistema, o solo é constantemente perturbado por forças internas e externas. Como confirma Christofolletti (1999) a abordagem sistêmica serve de embasamento para uma das formas mais eficientes de investigação da dinâmica do meio ambiente.

O solo é tido como um sistema aberto, pois os sistemas abertos trocam matéria, energia e informação regularmente com o meio ambiente e seu equilíbrio dentro dos sistemas abertos é momentâneo. Para sobreviver devem reajustar-se constantemente às condições do meio em que estão inseridos. Nesta concepção, além do conceito de equilíbrio, também unem-se os conceitos de resistência e resiliência em que a resistência seria a capacidade de um sistema de resistir determinado evento ou transformação, ou seja, de manter seu equilíbrio. Já a resiliência seria a capacidade de reestruturação após evento catastrófico, isto é, quando o sistema consegue se reerguer mesmo depois de um momento de não-equilíbrio.

Vale ressaltar que as características do solo variam de um local para o outro. Por exemplo, em locais planos o solo tende a ser mais profundo do que em locais com grande declividade; ou em locais com diferentes tipos de rochas, ou ainda em relação à linha do equador sob climas mais quentes do que climas temperados ou árticos. Ainda na visão geossistêmica, Daniels & Nelson (1987) dizem: “Devemos abandonar a ideia de que os solos são entidades independentes ocorrendo em pontos específicos e considerar que todas as partes da paisagem são inter-relacionadas”. Ressalto ainda a visão de Vidal Torrado, Lepsch e Castro (2005) de que é importante considerar que existem várias escalas de abordagem da pedopaisagem, que é aquela porção da superfície terrestre que um observador pode enxergar em um determinado momento, incluindo todas as suas características naturais, em especial as qualidades pedológicas desse terreno.

1.2 Agroecologia e Sistemas Agroflorestais

Diversos autores, entre eles Nair (1989), Altieri (2004), e Gliessman (2002) conceituam sistemas agroflorestais – SAF como sistemas de uso de terras em que são utilizadas árvores em consórcio com cultivos agrícolas, com objetivo de otimizar as interações ecológicas do sistema em questão de acordo com os recursos disponíveis para reciclar nutrientes, diminuir ou cessar a degradação e a erosão e recuperar o solo através de sua cobertura vegetal e incremento de matéria orgânica.

Nair (1989) diz que existem três tipos básicos de sistemas agroflorestais: a Agrossilvicultura (que consorcia culturas e árvores), a Silvopastoral (em que há pastagem e animais em consórcio com árvores) e a Agrossilvipastoril (em que se procura consorciar as culturas, pastagem, animais e árvores em uma área).

As agroflorestas surgiram da iniciativa agroecológica, que busca o desenvolvimento sustentável da agricultura através de práticas que impactem o mínimo possível o ambiente e que traga benefícios econômicos. Altieri (1987, apud ALTIERI 2004), um dos precursores da agroecologia no mundo, diz que:

Trata-se de uma nova abordagem que integra os princípios agrônômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e avaliação do efeito das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo. Ela utiliza os agroecossistemas como unidade de estudo, ultrapassando a visão unidimensional – genética,

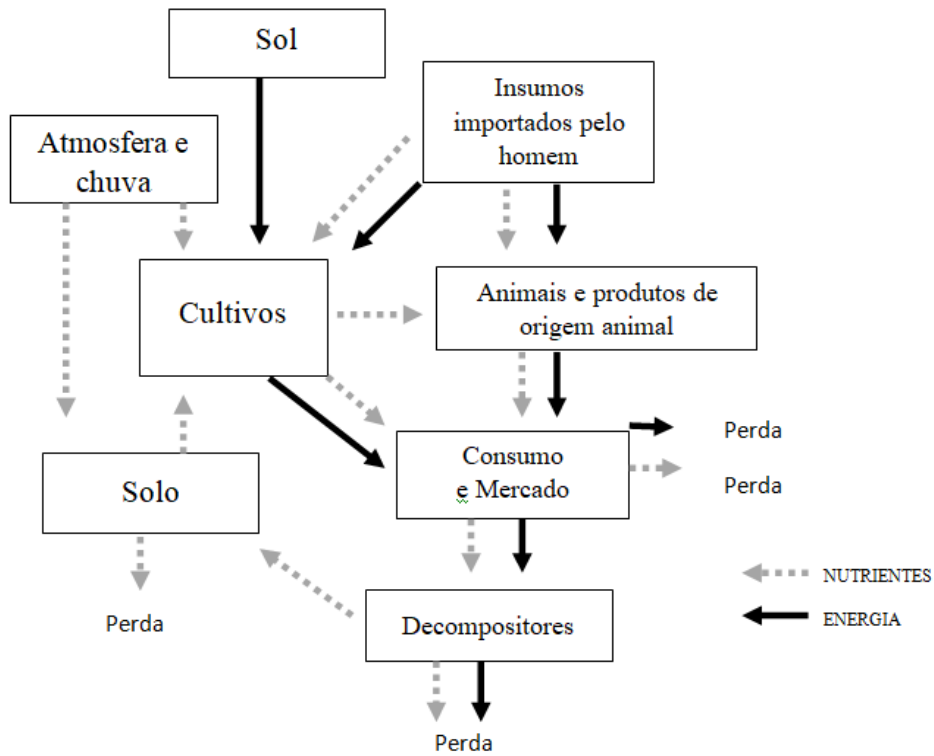
agronomia, edafologia – incluindo dimensões ecológicas, sociais e culturais. Uma abordagem agroecológica incentiva os pesquisadores a penetrar no conhecimento e nas técnicas dos agricultores e a desenvolver agroecossistemas com uma dependência mínima de insumos agroquímicos e energéticos externos. O objetivo é trabalhar com e alimentar sistemas agrícolas complexos onde as interações ecológicas e sinergismos entre os componentes biológicos criem, eles próprios, a fertilidade do solo, a produtividade e a proteção das culturas (ALTIERI, 1987 apud ALTIERI, 2004, p23).

Altieri (2004) diz que a produção sustentável em um agroecossistema se dá através do equilíbrio entre plantas, solos, nutrientes, luz solar, umidade e outros organismos coexistentes. O autor afirma que o agroecossistema se torna produtivo e saudável quando essas condições de crescimento ricas e equilibradas prevalecem, e quando as plantas permanecem resilientes para tolerar estresses e adversidades se forem adaptáveis e diversificadas o suficiente para se recuperarem depois do período de estresse.

Para Altieri (2004), as interações e sinergismos complementares podem resultar em efeitos benéficos, pois criam uma cobertura vegetal contínua para a proteção do solo; asseguram constante produção de alimentos pois possuem ciclos diferentes, garantem o uso eficaz dos recursos locais; contribuem para a conservação do solo e dos recursos hídricos; intensificam o controle biológico de pragas; asseguram uma produção sustentável das culturas sem o uso de insumos químicos que possam degradar o ambiente, entre outros benefícios.

Gliessman (2002) diz que a manipulação e a alteração humana em ecossistemas para produção alimentar faz que os agroecossistemas sejam muito diferentes dos ecossistemas naturais, mas ao mesmo tempo é possível observar em agroecossistemas os processos, a estrutura e outras características de um ecossistema natural. Quanto ao fluxo de energia e o ciclo de nutrientes (Figura 2), os agroecossistemas são diferentes dos ecossistemas na medida em que se tornam sistemas abertos porque uma quantidade considerável de energia e de matéria sai a cada colheita, em vez de ser armazenado na forma de biomassa e permanecer dentro do sistema. As populações de plantas ou animais em agroecossistemas raramente se regulam. Quanto às populações, a diversidade biológica é reduzida, e o perigo do aumento de populações de pragas em níveis catastróficos está sempre presente, mesmo havendo a vontade de controle humano. Assim, os agroecossistemas são menos resistentes a distúrbios que ecossistemas naturais (Quadro 1).

Figura 2 - Fluxo de energia e nutrientes dentro de um agroecossistema



Fonte: Adaptado de GLIESSMAN , 2002, p.25.

Quadro 1 - Diferenças importantes na estrutura e função entre os agroecossistemas e ecossistemas naturais

	Ecossistema Natural	Agroecossistema
Produtividade líquida	Média	Alta
Interações de tráfego	Complexo	Simples, linear
Diversidade de espécies	Alta	Baixa
Diversidade genética	Alta	Baixa
Ciclo de Nutrientes	Fechado	Aberto
Estabilidade (resistência ou resiliência)	Alta	Baixa
Controle humano	Independente	Dependente
Estada temporária	Longo	Curto
Heterogeneidade do habitat	Complexo	Simples

Fonte: Adaptado de GLIESSMAN ,2002, p.26.

1.2.1 PRAD – Programa de recuperação de áreas degradadas

Previsto na Constituição Federal de 1988, o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD constitui um conjunto de critérios de recuperação de uma área degradada por impactos de atividades. O Art. 225. da Constituição (BRASIL, 1988) impõe que é preciso preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas.

Primeiramente concebido para atividades de mineração, o PRAD visa à obrigação da recuperação ao meio ambiente degradado àqueles que explorarem recursos minerais, visto que todo material extraído do local não se restitui, alterando e prejudicando o solo, mas, logo passou a ser implementado em outras atividades para atender Áreas de Preservação Permanentes (APPs), reserva legal, danos ambientais, manejo de espécies nativas, recuperação de ambientes naturais não protegidos, arborização urbana e áreas de uso restrito.

A recuperação constitui-se pela restituição de um ecossistema degradado a uma condição não degradada que pode ser diferente da sua condição original. Já a restauração implica na restituição de um ecossistema degradado o mais próximo possível da sua condição original, como prevê a Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 em seu art. 2º:

“Art. 225. Assegura que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

Segundo o mesmo Art., para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público, entre outros, de preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente; e proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade. O Art. 2 fala sobre a obrigatoriedade da recuperação do ambiente degradado por aquele que explorar recursos minerais, de acordo com o órgão público competente.

Segundo Mesavilla (2017?), as etapas para recuperação do solo degradado são:

- a) pré-planejamento com objetivos a curto e longo prazo;

- b) remoção da cobertura vegetal e lavras;
- c) manejo de solo orgânico;
- d) preparação do local para plantio;
- e) seleção de espécies a serem plantadas;
- f) plantio e manejo regular da área após a recuperação.

A fiscalização para empreendimentos causadores de degradação ambiental pode ser realizada por órgãos federais, estaduais ou municipais, dependendo do porte do empreendimento, através do Documento Oficial de Licenciamento Ambiental que, segundo o mesmo site, é um Instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, onde foi estabelecido pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. A principal função desse instrumento é conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação do meio ambiente e a licença só é concedida, se o projeto do licenciamento ambiental do empreendimento gerador de poluição ou degradação ambiental, contiver um plano para compensar estes danos ambientais.

1.3 Dinâmica Hídrica e Recuperação de solos

1.3.1 Manejo e conservação de solos

O preparo do solo compreende um conjunto de técnicas que, segundo Pruski (2009) quando usadas racionalmente, permite alta produtividade a baixo custo e quando utilizadas de forma inadequada, porém, pode levar a degradação em apenas alguns anos de uso intensivo do solo. De acordo com o autor, os sistemas de preparo e manejo do solo devem manter a maior cobertura possível da superfície, proporcionar maior capacidade de infiltração e assegurar a máxima rugosidade da superfície. Ele conclui que estas ações no solo não são apenas para garantir a dissipação de energia associada ao escoamento, mas também para aumentar a capacidade de armazenamento de água sobre a superfície e no perfil de solo. Os principais sistemas de preparo e manejo do solo são utilizados para eliminar plantas indesejáveis, manter a fertilidade do solo e a produtividade das culturas ao longo do tempo, quebrar as camadas compactadas, eliminar as camadas seladas superficialmente, entre outros objetivos.

De acordo com Primavesi (2008), no manejo convencional, o solo é considerado somente como suporte físico para as plantas, sendo um sistema disseminado em todos os continentes e baseando-se na utilização de produtos químicos para nutrir as plantas cultivadas. A autora alerta para o uso do manejo convencional, visto que são práticas que “matam os solos”, como a calagem corretiva, a aração profunda e a aração nitrogenada, que aceleram em demasiado a decomposição da matéria orgânica do solo e dificulta a sobrevivência da vida microbiana, podendo causar a desagregação, compactação e endurecimento do solo, fora outros efeitos negativos sobre a vida do solo como os agrotóxicos e herbicidas, irrigação intensiva e o aquecimento do clima (PRIMAVESI, 2008).

Em relação ao uso e manejo do solo, Pruski (2009) afirma que quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver a superfície do solo contra a ação da chuva, menor será nele a propensão de ocorrência da erosão, pois entende que além de aumentar a quantidade de água interceptada, a vegetação amortece a energia de impacto das gotas de chuva, diminuindo a destruição dos agregados, a obstrução dos poros e o selamento superficial do solo. O autor segue afirmando que a cobertura vegetal na superfície também reduz a velocidade do escoamento superficial, pelo aumento da rugosidade hidráulica do seu percurso. O autor também alerta para a retirada de cobertura vegetal do solo e conseqüentemente para a incidência direta da radiação solar sobre a sua superfície, pois podem ser responsáveis pela destruição da matéria orgânica e dos microrganismos em uma camada de aproximadamente 5 cm.

O planejamento conservacionista tem a finalidade de maximizar a produtividade das terras agrícolas por meio de um sistema de exploração eficiente, racional e intensivo, que assegure também a continuidade da capacidade produtiva do solo (Pruski, 2009). Assim tenta-se garantir o aproveitamento da área agrícola, considerando as propriedades do solo, a declividade do terreno e as características das chuvas incidentes na região. Primavesi (2008) diz que “Sempre que os manejos agrícolas são realizados conforme as características locais do ambiente, alterando-as o mínimo possível, o potencial natural dos solos é aproveitado”.

Conceitualmente, pode-se definir que a conservação de solos e água baseia-se, fundamentalmente, em assegurar à água o maior nível energético possível no sistema hidrológico e dessa forma, o máximo esforço possível deve ser feito para garantir a infiltração da água no solo nas porções mais elevadas da encosta, o que segundo Pruski (2009) iria assegurar a manutenção da água com maior potencial e conseqüentemente maior retardamento até sua chegada aos cursos d’água em épocas com maior deficiência hídrica, aumentando assim a disponibilidade hídrica no período de maior carência. Além destes aspectos, o autor

conclui que a infiltração nas áreas mais elevadas pode acarretar também a redução da distância percorrida pelo escoamento superficial, reduzindo a energia para que ocorra a liberação de partículas e o seu transporte.

O sistema de plantio conservacionista busca manipular ao mínimo o solo, que é revolvido com escarificações a fim de plantar as sementes em covas, e também há a manutenção da cobertura vegetal que visa proteger o solo. Sabe-se também que as plantas crescem bem quando lançam suas raízes no horizonte superficial, onde os resíduos orgânicos se acumulam (LEPSCH, 2011). Desta forma, a manutenção da matéria orgânica nos primeiros centímetros do solo é de grande importância para que a produção seja proveitosa.

De acordo com Salomão (2015), são várias as técnicas de conservação do solo adotadas na agricultura, e essas práticas conservacionistas podem ser divididas em edáficas, vegetativas e mecânicas. As técnicas de caráter vegetativo e edáfico são de mais fácil aplicação, menos dispendiosas e mantêm os terrenos cultivados em condições próximas ao seu estado natural (SALOMÃO, 2015). As de caráter edáficas são aquelas em que se procura adequar o sistema de cultivo de modo a manter ou melhorar a fertilidade do solo, e conseqüentemente, manter sua superfície com maior cobertura (PRUSKI, 2009). Dentre elas, a adubação verde, que consiste na incorporação de plantas forrageiras e ervas do solo, e é uma das formas mais baratas e acessíveis de repor a matéria orgânica proporcionando melhoria de suas condições físicas e estimulando processos físicos, químicos e biológicos. Uma área protegida pela cobertura vegetal apresenta diversas vantagens como dificultar o desencadeamento de processos erosivos por reduzir o impacto direto da chuva sobre o solo, favorece a infiltração da água no solo, atenua a ocorrência de grandes amplitudes térmicas no solo atuando como um isolante térmico, suprimir a permanência de plantas invasoras, favorecer a umidade do solo e diminuir as perdas por evaporação quando na forma de cobertura morta, e criar condições para aumento das atividades microbianas, da meso e macro fauna no solo.

Segundo Muzilli (1983) as técnicas conservacionistas, sobretudo o plantio direto, é mais difundido como medida de prevenção a erosão do que um sistema de plantio propriamente dito. Com isso, as pessoas só procuram conhecer essa prática a partir da ocorrência de processos erosivos.

Esta manutenção da cobertura vegetal é importante, pois segundo Salomão (2015) a cobertura vegetal é responsável pela produção de humos para o solo, o que faz com que melhore as condições físicas do solo, com melhor porosidade e estruturação devido a ação de organismos vivos presentes no solo, como a microflora e a microfauna.

Segundo vários autores (LEPSCH, 1982; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985; SALOMÃO, 2015) as práticas conservacionistas consistem em práticas de caráter vegetativo que utilizam basicamente a cobertura vegetal para a proteção do solo contra a erosão (controle de fogo, adubação verde, plantio direto, adubação química, adubação orgânica, rotação de cultura, calagem); e por fim as práticas de caráter mecânico, que são técnicas artificiais que visam o controle do escoamento superficial a fim de melhorar a infiltração do solo (plantio em nível, terraceamento, canais escoadouros).

De acordo com Tognon et al. (1997) no plantio direto não há grande modificação das propriedades físicas do solo em detrimento do plantio convencional, Entretanto, como há uma concentração de matéria orgânica nos horizontes superficiais, há uma transformação química no sistema. É importante colocar em questão a homogeneização do solo, visto que as camadas mais profundas sofrem com a falta dos nutrientes.

A maior estabilidade dos agregados, maior percentual de matéria orgânica, dentre tantos outros benefícios do plantio conservacionista podem ser utilizados de forma constante, não somente como uma forma de controle da erosão.

1.3.2 O uso de Leguminosas para restauração do solo agrícola

Guerra et al. (2007) demonstram em seu trabalho que as leguminosas herbáceas perenes mostram-se interessantes como plantas de cobertura, já que estas espécies podem ser semeadas ou plantadas e mantidas como cobertura viva do solo, dispensando a nova compra de sementes ou mudas através de roçadas periódicas. O uso de leguminosas traz algumas vantagens para o solo e para as plantas quando comparado ao processo convencional de produção, segundo Formentini et al. (2008), dentre eles a cobertura do solo para evitar seu aquecimento e conservação da sua umidade, o controle da erosão, equilíbrio biológico, incorporação de nitrogênio ao sistema através da fixação biológica do N atmosférico, além de ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas do solo para mais próximo das plantas para proveito delas.

Perin (2002) afirma que do ponto de vista agrícola, a manutenção de uma boa estabilidade de agregados conseqüentemente a formação de uma boa estrutura é condição primordial para garantir altas produtividades, haja vista que estas características estão relacionadas com a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas, com o suprimento de

nutrientes, com a resistência mecânica do solo à penetração e com o desenvolvimento do sistema radicular.

Segundo Perin (2002), as raízes atuam na aproximação das partículas minerais pelas pressões exercidas no seu avanço através do espaço poroso do solo, extração de água e liberação de substâncias orgânicas para a rizosfera.

De acordo com Perin (2004), práticas de manejo e conservação como o emprego de plantas de cobertura, são relevantes para a manutenção ou melhoria das características químicas, físicas e biológicas dos solos. A adubação verde consiste no emprego de espécies de diferentes famílias botânicas, nativas ou introduzidas, que cobrem o terreno em períodos de tempo ou durante todo ano. Destacam-se as espécies pertencentes às famílias das leguminosas, por formarem associações simbióticas no aporte de quantidades expressivas deste nutriente no solo.

Ainda de acordo com Perin (2004), estas plantas além de protegerem o solo dos agentes climáticos sequestram C e fixam N atmosférico e desta forma apresentam potencial para manter ou elevar o teor de matéria orgânica, mobilizar e reciclar nutrientes e favorecer a atividade biológica do solo, entretanto a identificação e a adequação desse grupo de leguminosas nos sistemas de produção ainda constituem um desafio. Além disso, as leguminosas perenes competem com espécies espontâneas e interferem no ciclo reprodutivo destas espécies, o que reduz a mão de obra empregada no controle da vegetação espontânea. Um aspecto importante no estabelecimento da cobertura viva é a taxa de crescimento das leguminosas perenes, inicialmente lenta, quando comparada às de leguminosas anuais. Desta forma, são necessários cuidados que assegurem a supressão da vegetação espontânea até que as plantas se estabeleçam. Por isso o sucesso desta prática depende dentre outros fatores, da taxa de crescimento desta planta, de forma que possam competir efetivamente com a vegetação espontânea.

Os solos agrícolas nas regiões tropicais por estarem expostos aos fenômenos climáticos, térmicos e hídricos, necessitam de proteção contínua (PERIN, 1998). A movimentação e exposição direta, segundo o mesmo autor, resultam na perda de terra e nutrientes, redução de teores de matéria orgânica e destruição da estrutura original das partículas dos solos, com consequências sobre a produtividade agrícola.

Dentre as alternativas de pesquisa e possibilidades de adaptações do uso em campo foram escolhidos no presente trabalho, quatro espécies vegetais que serão detalhadas a seguir.

De acordo com Borges (2015) o feijão guando (ou guandu) é uma leguminosa arbustiva, anual ou semi-perene, tolerante a seca, pouco exigente em nutrientes,

desenvolvendo-se bem tanto em solos arenosos quanto nos argilosos porém não tolera excesso de umidade nas raízes. É uma planta que apresenta alta produção de fitomassa verde e seu sistema radicular vigoroso e profundo tem grande capacidade de reciclar nutrientes e penetrar nos solos compactados e adensados.

Segundo Wutke et al. (2007), esta planta é adaptada a latitudes variáveis entre 30°N e 30°S, sendo mais adequada uma faixa de temperatura de 18 a 30 °C. Seu sistema radicular é vigoroso, bem desenvolvido em profundidade, o que lhe dá tolerância aos períodos prolongados de seca e capacidade de funcionar como “subsolador biológico”, rompendo camadas com determinado nível de compactação; é tolerante ao alumínio no solo. Podem ser fixados de 41 até 280 kg/ha/ano de N. De suas raízes podem ser liberados ácidos piscídicos responsáveis pela solubilização do fósforo combinado com o ferro. Deste modo, o fósforo se torna então disponível. É considerada planta mobilizadora de nutrientes e recuperadora de solos depauperados, devendo, nesse caso, ocupar o solo por três a quatro anos. Pode ser utilizado com vantagem em rotação com culturas anuais (milho, arroz, soja, feijão, trigo, algodão, sorgo, hortaliças); como cultura intercalar em perenes (frutíferas, café, cana-de-açúcar), faixas de pastagem ou mandioca.

O feijão de porco, segundo Wutke et al. (2007) é uma espécie anual, ereta, herbácea, com crescimento inicial lento, resistência a temperaturas elevadas, tolerância ao sombreamento parcial e adaptação a solos pobres em fósforo. Suas plantas possuem hastes grossas e lenhosas na base, 80 a 120 cm de altura, ciclo de 80-90 dias até o florescimento e 130-140 dias até a colheita de sementes brancas. Seu sistema radicular atinge grande profundidade no solo, o que lhe confere alguma resistência a períodos de veranico. Podem ser fixados 57 a 190 kg/ha/ano de nitrogênio.

Segundo Eiras (2010), o feijão-de-porco é leguminosa anual ou bianual, de crescimento inicial lento, resistente a altas temperaturas, tolerante ao sombreamento parcial, entretanto, não suporta geada. São plantas muito resistentes à seca, rústicas e se desenvolvem bem em solos compactados e argilosos (CALEGARI et al., 1993). Entre os adubos verdes, o feijão-de-porco tem apresentado bom desempenho em consórcio com o milho, pois se adapta à condição de luz difusa e explora profundidades e volumes de solo diferente das plantas de milho.

De acordo com Eiras (2010), a mucuna preta é uma planta anual que vegeta bem nas regiões tropicais e subtropicais, necessita de climas quentes e de invernos suaves, sendo bastante resistente à seca e se desenvolve tanto nos solos arenosos como nos argilosos e intermediários.

A mucuna-preta, de acordo com Wutke et al. (2007) é uma planta anual, herbácea e de ramos trepadores que podem atingir até 6,0 m de extensão lateral, contribuem para o aumento da matéria orgânica e é muito tolerante ao alumínio no solo. Podem ser fixados aproximadamente 120 a 157 kg/ha/ano de N, obtendo-se aumentos na produtividade da mandioca entre outros cultivos. Assim, do total de nitrogênio encontrado na mucuna preta, 60% ficam no solo, 30% vão para as plantas semeadas após a adubação verde e 10% se perdem do sistema solo-planta. O autor atenta para o cuidado especial com a mucuna-preta para que não seja utilizada em áreas com culturas perenes como café ou frutíferas devido à agressividade de seu hábito trepador que acaba comprometendo, por sombreamento, a fotossíntese e, conseqüentemente, a produtividade das culturas econômicas.

Já a mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ) é uma planta de origem americana, encontrada primeiramente no Brasil, na América Central e no México. Muito utilizada nas culturas americanas tanto para consumo humano quanto animal, possui fácil difusão em muitas regiões devido a capacidade de adaptação a diferentes climas e solos, e possui também variadas formas de utilização (BASTOS, 2005).

As raízes constituem a parte da planta de maior interesse. De acordo com Bastos (2005), existem dois tipos de raízes: as tuberosas, que funcionam como sítio de deposição de amido; e as fibrosas, que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes. A maior parte das raízes tuberosas (90%) encontram-se nos primeiros 20-30 cm do solo e em média cada planta produz de 5 a 10 unidades de tuberosas com comprimentos variados, chegando a alcançar mais de 40 cm de comprimento. O seu caule é herbáceo quando novo, e lenhoso e sub-arbustivo na maturidade e tem altura média de 1,5- 2,5 m. É formado por nós bem salientes, onde existem folhas ou cicatrizes foliares, contendo na axila de cada nó uma gema, utilizada para reprodução da planta.

Bastos (2005) diz que apesar da origem tropical, devido a rusticidade da cultura e ao melhoramento genético, hoje é cultivada desde 30° N (Sul dos EUA) até 30° S (Norte da Argentina), e suporta altitudes que variam desde o nível do mar até 2.300 m. Na primeira fase do ciclo da cultura, quando há a brotação e o desenvolvimento vegetativo, a faixa de temperatura desejável fica entre 20 a 27°C, mas suporta de 16 a 38°C. Já na segunda fase do ciclo da cultura em que há o acúmulo de amido, é importante que mantenha na mesma faixa de temperatura para não haverá paralisação do crescimento nem apodrecimento. A planta não é muito exigente em água, adapta-se bem em regiões onde a precipitação anual situa-se entre 500mm e 2000mm, produzindo mais, entretanto, na faixa de 1000 a 1500mm/ano. Porém, na primeira fase do ciclo da cultura a planta é muito exigente em água no período do plantio até

os 5 meses de idade. Por tal motivo, o plantio quando realizado em estação úmida auxilia na produção. Já quando a planta alcança a segunda fase do ciclo da cultura, o déficit hídrico favorece o acúmulo de amido.

De acordo com Bastos (2005), a mandioca é uma planta que dentre a sua classificação, melhor aproveita a luminosidade. A planta é de dias longos para desenvolvimento vegetativo e de dias curtos para o processo de tuberização (formação de raízes tuberosas). Assim, é recomendável plantar a mandioca no início da estação quente e chuvosa, condição básica para brotação e desenvolvimento inicial.

Adapta-se bem aos mais tipos diferentes de solos, porém os ideais são solos profundos e friáveis. Os solos arenosos ou de textura média favorecem o crescimento de raízes, com boa drenagem e facilita a colheita. Bastos (2005) indica que devem ser evitados solos rasos com profundidade inferior a 1,0m; solos argilosos e solos com lençol freático alto, devido a má drenagem pois facilitam o apodrecimento e pouco crescimento de raízes, dificultando a colheita; e solos excessivamente declivosos, acima de 15% de declividade, pois favorece a erosão. O autor atenta que as áreas cultivadas com mandioca sofrem forte ação erosiva, devido a motivos como espaçamento e densidade largo, crescimento inicial lento, raízes desestruturantes do solo e as capinas nos primeiros 100 dias de plantio que pulverizam o solo. Por este motivo, as práticas conservacionistas são importantes, tais como o preparo do solo em nível, a curva de nível, entre outras.

1.3.3 Propriedades Físicas do Solo

Um solo mineral é uma mistura de partículas inorgânicas, matéria orgânica em decomposição, água e ar, e quanto às partículas inorgânicas, há uma classificação qualitativa e distributiva no perfil de solo. A este estudo chamamos granulometria, onde podemos verificar o tamanho das partículas (BRADY, 1989).

São denominadas uma série de classificações diferentes de acordo com o diâmetro destas partículas minerais. Mas convém dizer que mesmo em tamanhos diferentes estas partículas convivem intimamente misturadas: desde a microscopicamente pequenas como as argilas, até os cascalhos e calhaus (LEPSCH, 2011). Estas partículas minerais são constituídas de fragmentos de rochas e de minerais primários e/ou secundários de tamanhos diversos, dependendo do tipo de rocha de origem, do grau de intemperismo que essa rocha sofreu e do

modelo de pedogênese que forma o horizonte em que se encontram. A variação de tamanho entre estas partículas pode ser muito grande, por isso, para facilitar o estudo de uma descrição padronizada é conveniente que sejam divididas em classes a quais chamamos ‘separados do solo’(Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação granulométrica quanto ao diâmetro das partículas

Denominação	Tamanho (mm)
Matacões	> 200
Calhaus	20 a 200
Cascalho	2 – 20
Areia Grossa	2 - 0,2
Areia Fina	0,2 - 0,05
Silte	0,05 - 0,002
Argila	< 0,002

Fonte: Adaptado de LEPSCH, 2011, p.213.

Segundo Lepsch (2011) a densidade e a porosidade são características que estão muito relacionadas, pois ambas são relações entre massa e volume dos constituintes do solo. Assim, a toda porção do volume de um horizonte do solo que não esteja ocupada pelas partículas sólidas pode-se chamar de poros (porosidade do solo), que é calculada a partir de medidas de densidade real (ou de partículas, referente ou aparente).

A porosidade refere-se ao espaço, entre e dentre os agregados, ocupado pelo ar ou pela água do solo (LEPSCH, 2011). Um horizonte mineral do solo com boa porosidade terá cerca de 50% de seu volume ocupado pelos poros. Esta ideia entra em consenso com Brady (1989) quando afirma quanto à proporção de água e ar na composição dos solos.

Salgado (1996) afirma que estas propriedades se relacionam de forma inversamente proporcional, ou seja, o aumento da densidade aparente do solo diminui o volume total de ar no solo, reduzindo o espaço poroso, tendo este um papel fundamental na entrada de água do solo (KIEHL, 1979). Assim, conforme a densidade aparente aumenta, compactando (ou adensando) o solo, a porosidade diminui, gerando assim uma quantidade menor de água e ar neste sistema, ou seja, a infiltração é menor e há uma maior susceptibilidade ao escoamento superficial.

1.3.4 Água no Solo

Para o estudo de água no solo, considera-se o solo simplesmente como um conjunto de partículas sólidas de diversas formas e tamanhos, entremeadas por poros também de diversas formas e tamanhos, e interconectados (LIBARDI, 2010). O autor conclui que o solo é composto basicamente de uma parte sólida e outra parte não ocupada pelos sólidos, chamada de espaço poroso.

Libardi (2010) diz que o espaço poroso do solo no campo é ocupado por quantidades variáveis de uma solução aquosa denominada água no solo e de uma solução gasosa denominada ar no solo, e quando o solo se encontra nesta situação, está “não saturado” e quando o espaço poroso do solo estiver totalmente cheio de água, o solo está “saturado”. O autor informa que existem dois processos que explicam a retenção de água no solo não saturado. O primeiro é o fenômeno da capilaridade onde a retenção da água ocorre nos poros capilares, e o segundo é a adsorção, em que a retenção ocorre nas superfícies dos sólidos do solo como “filmes presos a ela”.

Em relação ao processo de adsorção da água sobre as superfícies sólidas, Libardi (2010) narra que existem três mecanismos que são capazes de explicá-lo. O primeiro é de que a superfície dos minerais de argila é coberta por átomos de oxigênio e grupos oxidrilas negativamente carregados que cria em torno destas partículas minerais um campo elétrico cuja intensidade decresce com a distância da superfície da partícula. Assim, por causa da natureza dipolar das moléculas de água, elas se orientam neste campo elétrico e experimentam uma força na direção da superfície da partícula, a qual decresce gradualmente com a distância dessa superfície até se tornar nula, num ponto em que não há mais influência do campo. A segunda explicação é de que a adsorção das moléculas de água incide sobre os cátions que são retidos à superfície negativamente carregada de argila. E por fim, as moléculas ainda podem ser atraídas pelas forças de London – van der Waals, que são forças de curto alcance e decrescem rapidamente com a distância da superfície, e apenas uma fina camada fica adsorvida ao redor das partículas de solo. O autor ressalta que essa película de água adsorvida às superfícies dos sólidos apresenta uma energia potencial extra, uma vez que quando afastada do campo de ação dessas forças, ela volta à posição original realizando um trabalho.

Segundo Brady (1989), dois principais conceitos falam sobre a importância da água para o crescimento vegetal: a primeira diz a respeito à água que é retida nos poros do solo em níveis diferentes de persistência, dependendo da quantidade existente desse líquido e do

tamanho dos poros. E a outra conceituação é referente a solução do solo, formando juntamente com os sais em solução na água do solo, visto que é veículo para fornecer nutrientes aos vegetais em crescimento.

A água participa diretamente em dezenas de reações do solo e dos vegetais e exerce influência direta sobre muitas coisas (BRADY 1989). A estrutura do solo associada a outras características (físicas, químicas e biológicas) favorece um maior/menor resistência à ação da água no solo. O desenvolvimento de bioporos pela fauna escavadora e do enraizamento da vegetação proporciona um aumento do processo de infiltração.

Segundo Libardi (2005), dois processos podem explicar a retenção da água pelo solo: no primeiro deles, a retenção ocorre nos microporos e pode ser explicada pelo fenômeno da capilaridade agindo nos agregados; no segundo momento, esta retenção ocorre na superfície dos sólidos do solo como filmes presos a ela pelo processo de absorção. Em termos qualitativos, logo após a drenagem de água no solo as forças capilares são dominantes e a partir do secamento de solo, a absorção adquire mais importância.

A retenção e o movimento da água nos solos, sua captação e transporte pelas plantas, são fenômenos associados ao estado de energia da água no solo (BRADY, 1989). Segundo a física clássica, são reconhecidas suas formas principais de energia: a energia potencial e a energia cinética, sendo a energia potencial aquela em que o corpo possui dependendo da sua posição em campos de força, e a cinética é a força obtida através do movimento. No sistema solo, a velocidade da água é relativamente pequena, e por isso a energia cinética é desprezada.

A energia potencial gravitacional pode ser positiva ou negativa, visto que o campo gravitacional no solo pode afetar a energia da água através de uma pressão.

Os campos de força, segundo Kiehl (1979) e Klar (1984) são:

- a) força da gravidade (Ψ_g), que é o potencial gravitacional;
- b) a da atração da matriz do solo pela água (Ψ_p), chamado de potencial matricial;
- c) da presença de solutos (Ψ_o), chamado de potencial osmótico.

Assim, o potencial total da água (Ψ_t) é dado pela seguinte expressão:

$$\Psi_t = \Psi_g + \Psi_p + \Psi_o$$

As forças osmóticas e capilares atuam no controle de retenção da água no solo, que permanece retida mesmo após dias de estiagem, resistindo às forças gravitacionais (COELHO NETTO, 2001).

Duas forças são resultantes da movimentação e retenção da água: a) força de coesão- resultante da atração das moléculas de água entre si e b) força de adesão- que é relacionada a atração entre as moléculas de água e as paredes das partículas do solo. O potencial matricial atua como o resultado das forças capilares e de absorção, em função da interação das partículas sólidas e a água.

1.3.5 Infiltração

Infiltração pode ser definido como a entrada de água no solo através de sua superfície, como nos diz Libardi (2005), através da interface solo-atmosfera. Desta forma, durante uma chuva, por exemplo, parte dela pode se infiltrar no solo e se movimentar para baixo, e outra parte pode escorrer pela superfície do solo (isto se houver declividade). Desta forma, ainda conclui o autor, que a infiltração é um processo que separa quanto da precipitação flui sobre a superfície do solo e quanto flui abaixo da superfície, tanto horizontalmente quanto verticalmente. Quanto maior sua velocidade, menor a intensidade de enxurrada na superfície, e conseqüentemente, reduz-se a erosão (BERTONI, LOMBARDI NETO, 1985).

O processo de infiltração ocorre, segundo Reichardt (1987) porque a água da chuva ou irrigação tem potencial total ψ aproximadamente nulo e a água do solo tem potencial negativo. O processo é desacelerado, ou seja, rápido no início e desacelera com o passar do tempo.

Uma vez a água infiltrada, segundo Karmann (2000) a mesma é impulsionada pela força da gravidade e com as camadas superiores do perfil são umidificadas alterando a umidade do solo, sendo assim a camada superficial sendo a primeira a saturar, ou seja, atingindo 100% dos poros preenchidos por água. É importante ressaltar que águas pluviais (decorrentes das chuvas) não são capazes de saturar todo o solo, e assim se restringe às camadas mais superficiais.

Esta saturação do solo ocorre geralmente durante as tempestades quando os poros do solo ficam preenchidos de água e as forças capilares diminuem a ponto das taxas de infiltração também diminuírem (MORGAN, 1986). Assim, segundo o autor, o solo perde a

capacidade de absorver água neste momento, ficando disponível na superfície para o escoamento superficial.

A infiltração não é estática, segundo Heathwate e Trudgil (1990), pois há certa variação ao longo do tempo principalmente de acordo com a tipologia da cobertura do solo. Ainda leva-se em conta a umidade antecedente, visto que já existe determinada quantidade de água no solo quando há a precipitação, saturando assim de forma mais rápida.

O uso de manejo dos solos também interfere na condição de infiltração, visto que dependendo do manejo adequado, há melhoras significativas no solo em geral, afetando assim também a infiltração. O tipo de manejo que conserva as características do solo e potencializa a capacidade de infiltração é chamado conservacionista e o veremos nos tópicos seguintes.

Faz-se necessário mencionar a atração de duas forças que existem no meio poroso em relação a água : a força capilar e a gravitacional. A força gravitacional puxa a água em sentido vertical dentro da superfície do solo, enquanto que a força capilar impulsiona a água em todo e qualquer direção, aumentando na medida em que os poros vão diminuindo, ou seja, micro poros (GUERRA E CUNHA, 2008).

A infiltração de água no solo é um processo que depende, em maior ou menor grau, de diversos fatores, os quais podem ser dividido em 4 categorias, relacionados ao solo, à superfície, ao preparo e manejo e outros fatores. A explicação para tais fatores pode surgir através da influencia que estes exercem sobre uma das mais importantes propriedades do meio poroso relacionados com o movimento da água no solo e também sobre a ocorrência de processo de encrostamento superficial (BRANDÃO et al., 2006).

O encrostamento superficial, de acordo com Brandão et al. (2006) é um fenômeno que é causado pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo, promovendo o rearranjo das partículas e o adensamento e consolidação de uma estrutura superficial. A sequência de eventos envolvidos é resumida pelos autores: primeiramente, há a quebra de agregados da camada superficial do solo pelo impacto das gotas de chuva ou dispersão química dos agregados; posteriormente há o movimento das partículas finas e dispersas ao longo de poucos centímetros abaixo da superfície e sua deposição nos poros do solo. Então, acontece a compactação da camada superficial do solo pelo impacto das gotas de chuva, produzindo uma camada delgada de solo expressivamente adensada e por fim, a deposição do material fino em suspensão, com a consequente orientação das partículas de argila (BRANDÃO et al., 2006). Os autores ainda atentam que embora a espessura da camada encrostada geralmente seja pequena, seu efeito sobre as propriedades físicas do solo influencia acentuadamente as condições de infiltração.

Brandão et al. (2006) informam que os fatores relacionados ao solo incluem suas características e propriedades físicas, químicas e mineralógicas. A textura e a estrutura que são determinantes da quantidade, forma e continuidade dos macroporos, são as características físicas que influenciam mais expressivamente a condutividade hidráulica e a estabilidade dos agregados do solo.

1.3.6 Topografia

Segundo Salomão (2015), a influência da topografia do terreno na intensidade em que erode pode ser verificada principalmente em relação à declividade e comprimento de rampa em que se apresentam, interferindo diretamente na velocidade das enxurradas.

Esta inclinação do terreno influencia nos valores de perda da água e do solo segundo Cogo et al (2003), porque conforme aumenta a declividade, aumenta também a capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, e pela ação do cisalhamento a enxurrada tem a capacidade de desagregar o solo. Mas não é apenas a declividade do terreno que afeta a erosão, mas também o comprimento e a forma da encosta (GUERRA, 2007).

Segundo Brady (1989) sobre o fator topográfico, quanto maior for a inclinação ou desnível da encosta, desde que permaneçam constantes os outros fatores (como precipitação e escoamento, cobertura e manuseio, por exemplo) em consequência do aumento de velocidade do fluxo de água, e também é provável que haja escoamento de maior quantidade de água.

O comprimento da encosta também infere, pois quanto maior a área em desnível, maior a concentração de enxurrada. Desta forma, técnicas de nivelamento do solo são tão importantes quando colocadas em prática, para diminuir a erosão no terreno. Considera-se também lembrar que a água de chuva que não consegue penetrar o solo faz o escoamento superficial acontecer, agravando assim pela declividade em que se encontra.

A forma do relevo também influencia na erosão e segundo Souza et al. (2003), as maiores taxas de erosão ocorrem normalmente nas formas lineares. De acordo com Vidal – Torrado et al. (2005) independente dos tipos de solo, a topografia condiciona a direção e a intensidade dos fluxos da pedogênese como da morfogênese.

1.3.7 Cobertura Vegetal

A vegetação é de extrema importância para o bom funcionamento do solo, pois fornece matéria orgânica para o mesmo, melhorando sua estrutura e permitindo assim a estabilidade de seus agregados, além de também interceptar a água pluvial (MARINHO, 2013).

Diversos fatores podem interferir no processo de erosão, como a cobertura vegetal, e esta apresenta-se como um fator isolado que pode exercer maior influência (SEGANFREDO, 1997). Contribui também para a infiltração através de suas raízes, atuando como caminhos preferenciais da entrada da água no solo.

A existência da cobertura vegetal na superfície do solo pode evitar o impacto das gotículas de chuva diretamente no solo, dissipando a energia cinética, desproporcionando a desagregação das partículas do solo e a formação de crostas superficiais que possam provocar quedas na taxa de infiltração no solo.

Um dos benefícios de se manter a cobertura vegetal no solo é relacionado à matéria orgânica e sua produção para a retroalimentação do sistema (VEZZANI, MIELNICZUK, 2011). As plantas caracterizam-se por serem a fonte geradora de energia e matéria do sistema solo.

De forma mais específica, o fluxo de energia captado pelas plantas vindas do sol causa o processo de dissipação (quebra da molécula de água) e conseqüentemente, a auto-organização (produção dos compostos orgânicos) na dimensão das plantas (VEZZANI, MIELNICZUK, 2011).

A contribuição das raízes é contínua durante todo o ciclo de vida da planta, pois está em crescimento constante, aumentando assim a área em que a água é captada junto de seus nutrientes. E quando ao final do ciclo vegetativo da cultura, quando a planta morre, a mesma se deposita sobre o solo, iniciando o processo de decomposição dos seus tecidos pela biota edáfica (VEZZANI, MIELNICZUK, 2011).

A exposição direta do solo (ou seja, sem cobertura) pode assim ocasionar a perda de solo e nutrientes, redução da matéria orgânica e também a obstrução da estrutura original das partículas do solo, assim de acordo com o pensamento de Perin (2000) gerando conseqüências diretas sobre a produtividade agrícola. Além disso, a falta dessa cobertura vegetal forma uma selagem superficial, acarretando no escoamento superficial.

2 ÁREA DE ESTUDO: MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO

Neste capítulo é apresentado o município de São Gonçalo, com suas características climáticas, geomorfológicas e hidrográficas. Há uma sessão específica apresentando o solo da região com foco nos cambissolos, que são os solos representativos das feições colinosas e que apresentam as maiores problemáticas ambientais da cidade. No final do capítulo há uma discussão sobre a ocupação urbana e a cobertura vegetal existente – ou não nas áreas urbanas.

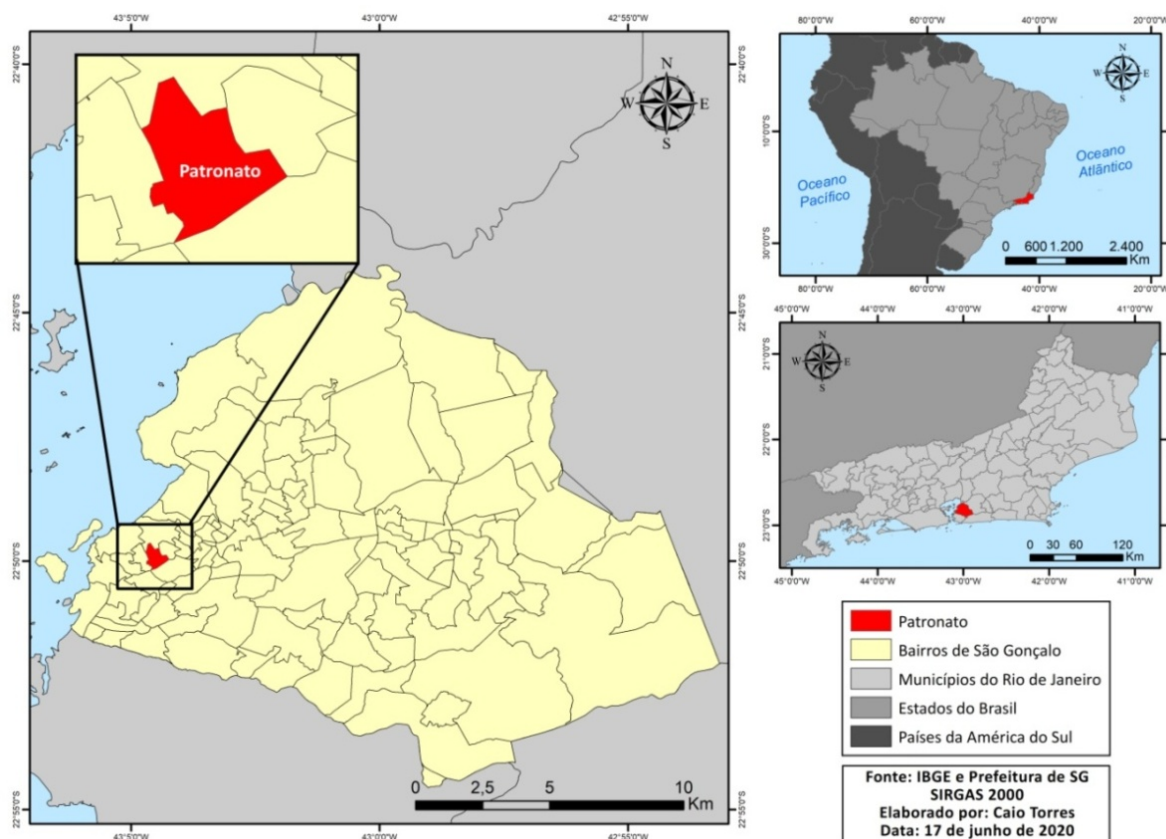
2.1 Localização

Com uma área total de 248,4 km² ocupando 5% da área da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, São Gonçalo encontra-se no lado oriental da Baía de Guanabara limitando-se ao Nordeste e a Noroeste com Itaboraí e a Baía de Guanabara, e ao Sudeste e Sudoeste com Maricá e Niterói, respectivamente. A cidade de São Gonçalo é dividida por cinco distritos, são eles: São Gonçalo (sede), Ipiúba, Monjolos, Neves (onde está situado o Campus da UERJ-FFP) e Sete Pontes (Figura 3).

São Gonçalo é o segundo no ranking populacional do estado do Rio de Janeiro, tendo chegado a marca de 999.728 habitantes no último censo de 2010, e possui expectativa de 1.084.839 pessoas para o ano de 2019, de acordo com o IBGE (2017). Comparado a outros municípios, São Gonçalo está logo após a capital em número de habitantes e entre os 20 municípios mais populosos do país.

Sua extensa população reside em área urbana (99,93%) enquanto o restante da população vive em área rural, dos quais apenas 36 ha são áreas de sistema agroflorestal. E de acordo com o Censo Agropecuário de 2017, 83,7% dos estabelecimentos utilizam o cultivo mínimo como modo de preparo do solo.

Figura 3 - Localização do município de São Gonçalo e do bairro Patronato



Fonte: A autora, 2020.

2.2 Clima

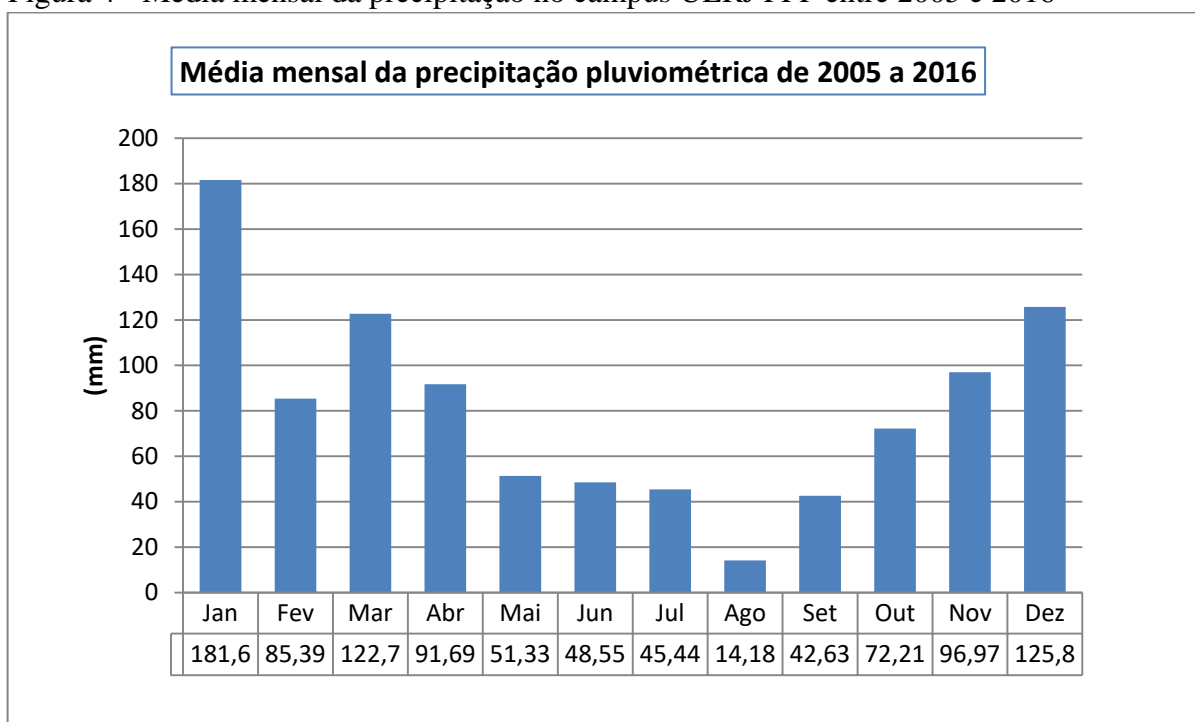
De acordo com a caracterização climática realizada por Bertolino et al. (2007), o clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen: clima quente com chuvas de verão e outono, com totais anuais de pluviosidade inferiores a 2000 mm/ano.

De acordo com a autora, observam-se duas estações bem delimitadas: o período seco que ocorre entre os meses de maio e outubro com totais pluviométricos em torno de 400 mm, e o período úmido que ocorre entre os meses de novembro e abril que concentra cerca de 800 mm de chuva, ambos os períodos secos e úmidos são marcados por diferenças no comportamento da pluviosidade, evaporação, radiação solar, etc.

Quanto à temperatura, a média anual se encontra entre 23°C e 29°C durante todo o ano. Durante o período seco, a temperatura mínima concentra sua média entre 17 °C e 19 °C. A temperatura máxima no período chuvoso ocorre na intervalo de 30°C a 38 °C.

Tórnio (2019) realizou uma análise pluviométrica na mesma área e decompôs os dados de pluviosidade mensal em um período de doze anos, de 2005 à 2016 (Figura 4). Sua análise aponta os meses de maio a setembro como o período seco, tendo o mês de agosto com a menor média pluviométrica abaixo de 15 mm, e como período úmido os meses de outubro a abril, tendo o mês de janeiro com a maior média pluviométrica, acima dos 180mm. Durante o período seco os acumulados de chuva estiveram na faixa dos 200 mm, enquanto no período úmido o total pluviométrico esteve na faixa dos 770 mm.

Figura 4 - Média mensal da precipitação no campus UERJ FFP entre 2005 e 2016

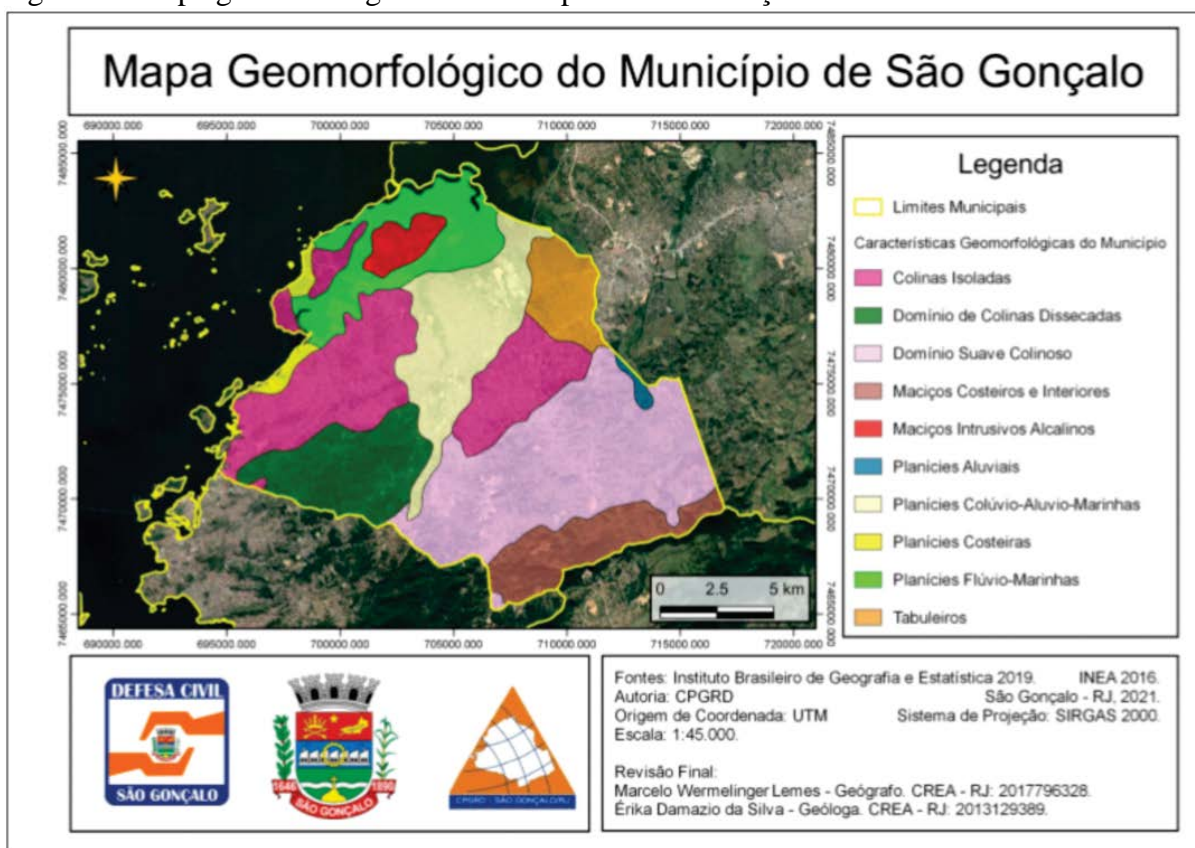


Fonte: adaptado de TÓRNIO, 2019, f.84.

2.3 Geomorfologia

Em relação à geomorfologia, o município de São Gonçalo é diverso em seu relevo. Abrange ao norte e à beira da baía de Guanabara as planícies flúvio marinhas, para onde são movimentadas os sedimentos acumulados ao longo da formação geológica e geomorfológica (figura 5).

Figura 5 - Mapa geomorfológico do Município de São Gonçalo



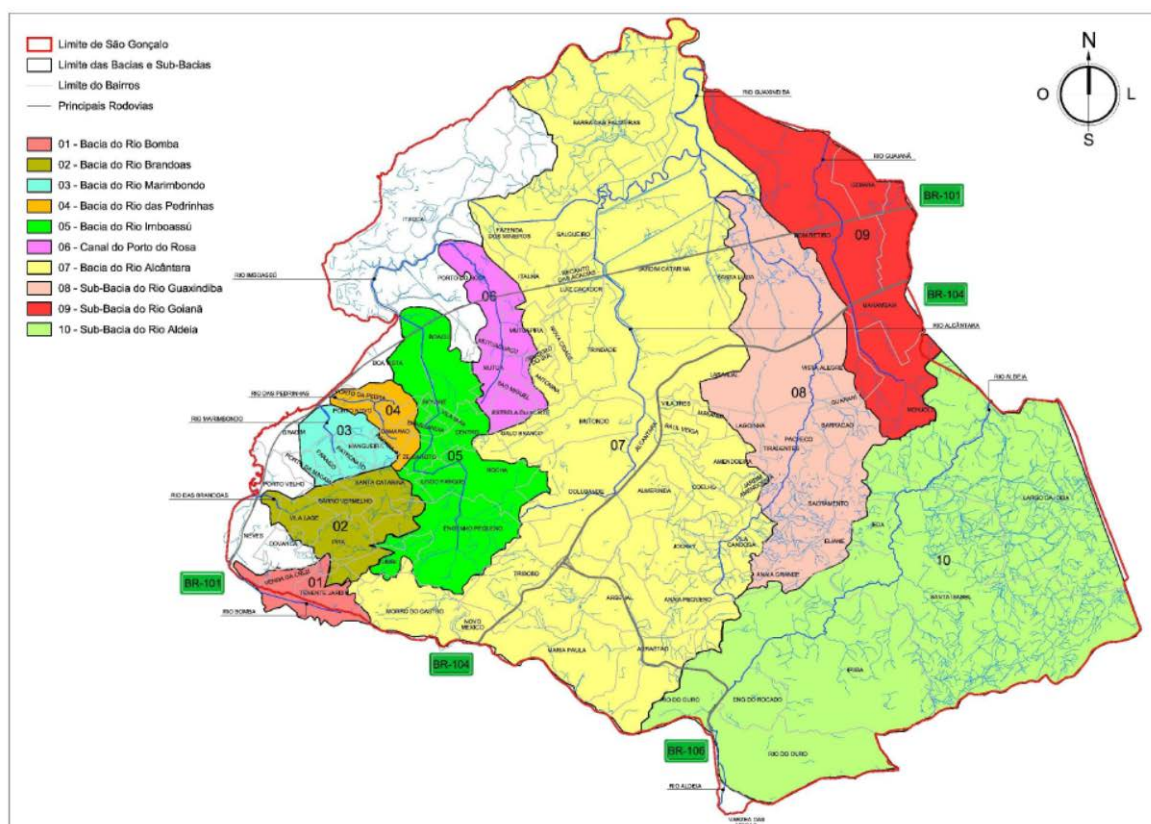
Fonte: SÃO GONÇALO, 2019, p.41.

É também fortemente marcada em sua área urbana por colinas isoladas e pelo domínio de colinas dissecadas, enquanto a área rural possui domínio de colinas suaves. Esses domínios colinosos são responsáveis pela dispersão de sedimentos e de fluxos de água para as áreas ao seu entorno, podendo causar movimentos de massa nas áreas declivosas, em detrimento de alagamentos nas áreas mais planas, como exemplo da grande área de domínio das planícies colúvio-alúvio-marinhas, também situada em área urbana.

2.4 Hidrografia

De acordo com o plano municipal de saneamento básico de São Gonçalo (ENCIBRA S.A., 2015), são existentes no município as sub-bacias hidrográficas de Alcântara, Brandoas, Aldeia, Marimbondo, Guaxindiba, Imboassú, Madeira, Monjolo e Goianã (Figura 6).

Figura 6 - Bacias Hidrográficas do município de São Gonçalo, com destaque para a bacia do Rio Marimbondo (nº03), onde fica localizada a EEK



Fonte: ENCIBRA S.A., 2015, p.40.

A sub-bacia do Alcântara é a maior do município e abrange uma área de 93,33 km², tendo seu nome como afluente principal. A sub-bacia do rio Marimbondo, onde está localizada a área de estudo, possui uma área total de 5,57 km², e seu principal afluente de mesmo nome possui uma extensão de 1,46 km, nasce entre os bairros Paraíso e Patronato e deságua na Baía de Guanabara.

Os rios de São Gonçalo possuem principalmente na zona urbana trechos retinizados, ligados a galerias e canais, descaracterizando-os e transformando-os em grandes valões a céu aberto, com redes de esgoto desaguando em suas margens oriundos das atividades industriais e domésticas. Nas zonas centrais como em Alcântara e no “Rôdo” (assim chamado o bairro centro pelos habitantes locais), os rios são dragados com maior regularidade, entretanto nos bairros periféricos tais serviços são ainda mais raros.

Associado à interpretação do mapa geomorfológico, algumas sub bacias propiciam maiores problemas urbanos em períodos úmidos e de grande vazão dos rios, como grandes alagamentos e enchentes.

Lemes (2011) ao estudar um evento de Movimento de Massa ocorrido no Morro do Patronato, cuja encosta próxima ao SAF Kamuatá se assemelha às suas características geomorfológicas, classificou o solo como Cambissolo Háplico Tb Distrófico Típico.

2.5.1 Cambissolos

Santos (2018) apresenta os cambissolos como sendo solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam aos requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes vertissolos, chernossolos, plintossolos e organossolos. Tem sequência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R.

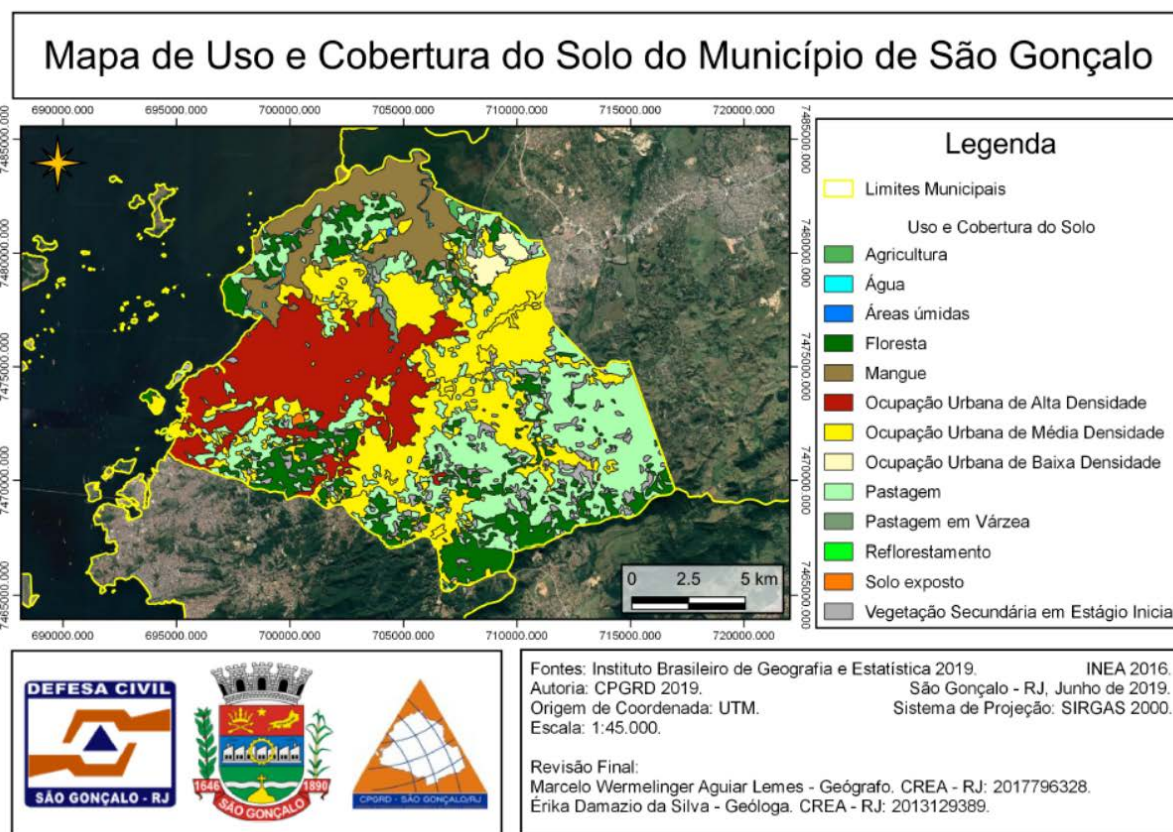
De acordo com o Santos (2018), o horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco arenosa ou mais argilosa, e o solum geralmente apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi. Admite-se diferença marcante de granulometria do A para o Bi em casos de solos desenvolvidos de sedimentos aluviais ou outros casos em que há descontinuidade litológica ou estratificação do material de origem. A estrutura do Bi pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos também de solos com ausência de agregados, com estrutura em grãos simples ou maciça.

Os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos são solos com argila de atividade baixa e saturação por bases baixa ($V < 50\%$), ambas na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

2.6 **Ocupação Urbana e cobertura vegetal**

O município de São Gonçalo é caracterizado por larga ocupação urbana em seu território oeste, próximo principalmente dos acessos às rodovias (Figura 8). Na porção norte do município há uma extensa área de mangues, banhados pela baía de Guanabara, enquanto as áreas de pastagem e remanescentes de floresta estão localizadas principalmente ao sudeste e sudoeste.

Figura 8 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo do município de São Gonçalo

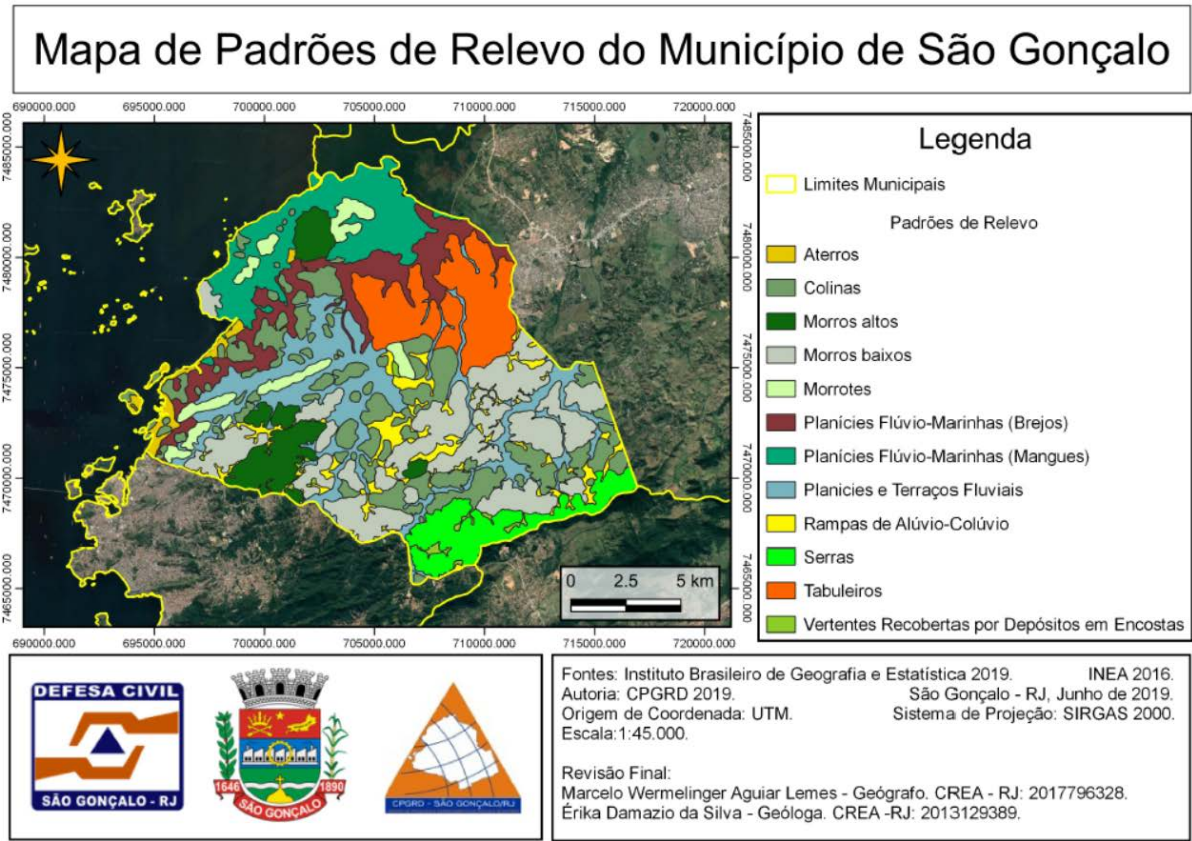


Fonte: SÃO GONÇALO, 2019, p.36.

Ao comparar os mapas de uso e cobertura do solo e de padrões de relevo (Figura 9), observa-se que grande mancha urbana do município encontra-se localizada sob áreas de mangues, brejos e planícies cercadas por colinas e morrotes, enquanto que as áreas de maior altitude são destinadas as florestas e pastagens e áreas de conservação.

De acordo com o relatório gerado no banco de dados do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), São Gonçalo possui 7 áreas de conservação, sendo destas: área de proteção ambiental de Guapi-Mirim, estação ecológica da Guanabara, área de proteção ambiental do Engenho Pequeno, parque natural municipal de São Gonçalo, área de proteção ambiental das estâncias de Pendotiba, área de proteção ambiental de Itaoca, e a área de proteção ambiental do Alto Do Gaia.

Figura 9 - Mapa de Padrões de Relevo do município de São Gonçalo



Fonte: SÃO GONÇALO, 2019, p.40.

3 METODOLOGIAS APLICADAS

Neste capítulo serão abordados os métodos utilizados para alcançar os objetivos desta pesquisa. Primeiramente, será relatado o desenvolvimento do SAF, as etapas do manejo, e as demais informações referentes a evolução da paisagem na agrofloresta e posteriormente as análises físicas realizadas, como a granulometria e a análise pluviométrica realizados em 2019 e início de 2020.

3.1 A Estação Experimental Kamuatá no campus da FFP-UERJ / SG

3.1.1 Localização do SAF

O SAF Kamuatá está situado no campus da Faculdade de Formação de Professores – UERJ, no bairro Patronato em São Gonçalo, RJ, nas coordenadas 22°49'59.88"S e 43°4'20.53"O. O projeto está localizado em uma área próxima ao prédio do bloco C, delimitado pela formação rochosa íngreme do Morro do Patronato ao sul. Próximo ao SAF Kamuatá está localizada a Estação Climatológica da UERJ FFP (Figura 10) de onde são colhidos os dados de precipitação para o presente estudo.

O SAF Kamuatá é um projeto da universidade com objetivo de recuperar e ocupar a área aberta atrás de um dos prédios do campus (prédio C), que anteriormente estava tomado por espécies invasoras e resíduos de construção civil, era facilmente acometido de queimadas no período seco, e apresentava uma paisagem degradada. Docentes dos departamentos de Biologia e Geografia unidos a graduandos e mestrands verificaram a demanda de uma mudança na área e através de reuniões e debates propuseram os métodos e realizaram mutirões de limpeza da área a fim de instalar parcelas (áreas delimitadas) para implementação do sistema agroflorestal.

Figura 10 - Mapa do campus da Faculdade de Formação de Professores - UERJ



Fonte: A autora, 2020.

3.1.2 Manejo na Estação Experimental Kamuatá

O manejo na EE Kamuatá tem sido realizado periodicamente com o auxílio da equipe de jardinagem do campus da FFP e do grupo de estudantes e docentes do curso de Geografia e de Biologia envolvidos com o projeto.

O manejo utilizado é o cultivo mínimo, com o cuidado para menor revolvimento do solo a fim de manter suas características, em consórcio com as plantas locais e os cultivos implementados. Foram feitas limpezas manuais periódicas a fim de retirar plantas invasoras e possíveis pragas como a infestação de formigas.

Na EEK existem duas parcelas de monitoramento: a área com o SAF, e a área de cobertura vegetal de gramíneas, sem interferência no solo. As parcelas (inicialmente) possuíam área de aproximadamente 50m² (5m de largura x 10m de comprimento) em baixo a médio declive, que foram delimitadas para controle temporal.

A parcela com gramíneas mostra a condição inicial do SAF: uma área com predomínio desde seu sopé ao alto da encosta de capim colônia, uma espécie invasora que diminui a biodiversidade do solo em que está hospedado. A área também atrai formigas cortadeiras (saúvas). Devido ao crescimento acelerado da espécie vegetal, a área fica tomada pelo capim durante o período chuvoso, e durante o período seco as folhas enrijecem e criam uma cobertura desidratada passível de incêndios.

Após reuniões de planejamento com o corpo docente e os alunos da unidade, foi realizado o primeiro mutirão de limpeza do terreno em 11 de agosto de 2019 e também abertura das leiras próximas das árvores já existentes para plantação de feijão de porco (Figura 11a e 11b), observando a declividade do terreno e realizando curvas de nível para minimização dos processos hidroerosivos.

Foram escolhidos inicialmente os cultivos de feijão de porco para preparação do SAF, devido ao conhecimento prévio sobre a espécie que auxilia no incremento de nitrogênio no solo, além de iniciar o desenvolvimento de sistemas radiculares e formação de agregados.

Utilizou-se palha como cobertura superficial com objetivo de reter a umidade do solo, já que as copas das árvores não estavam cheias e permitia a alta insolação sob as sementes. A disposição das leiras e a delimitação das áreas SAF e GRAMÍNEAS está esquematizado na figura 12.

Após esta etapa foi realizado o segundo mutirão no dia 21 de agosto para limpeza do terreno, desmonte do formigueiro (área que não havia sido cultivada anteriormente), plantio das ramas de mandioca e das mudas de feijão guando que estavam sendo cultivadas em estufa. O feijão guando, por também ser uma leguminosa, vai contribuir em conjunto com o feijão de porco, mas seu crescimento também será importante, por ser uma espécie arbórea poderá proporcionar sombreamento aos outros cultivos. Já a mandioca é um cultivo bastante difundido no território brasileiro e é uma planta altamente adaptada a variação climática, tolera períodos de seca, e por desenvolver tubérculos avantajados, poderá também trazer outros resultados ao sistema agroflorestal. As ramas de mandioca foram plantadas em fileira dupla.

Figura 11 – Detalhes do primeiro multirão



(a)

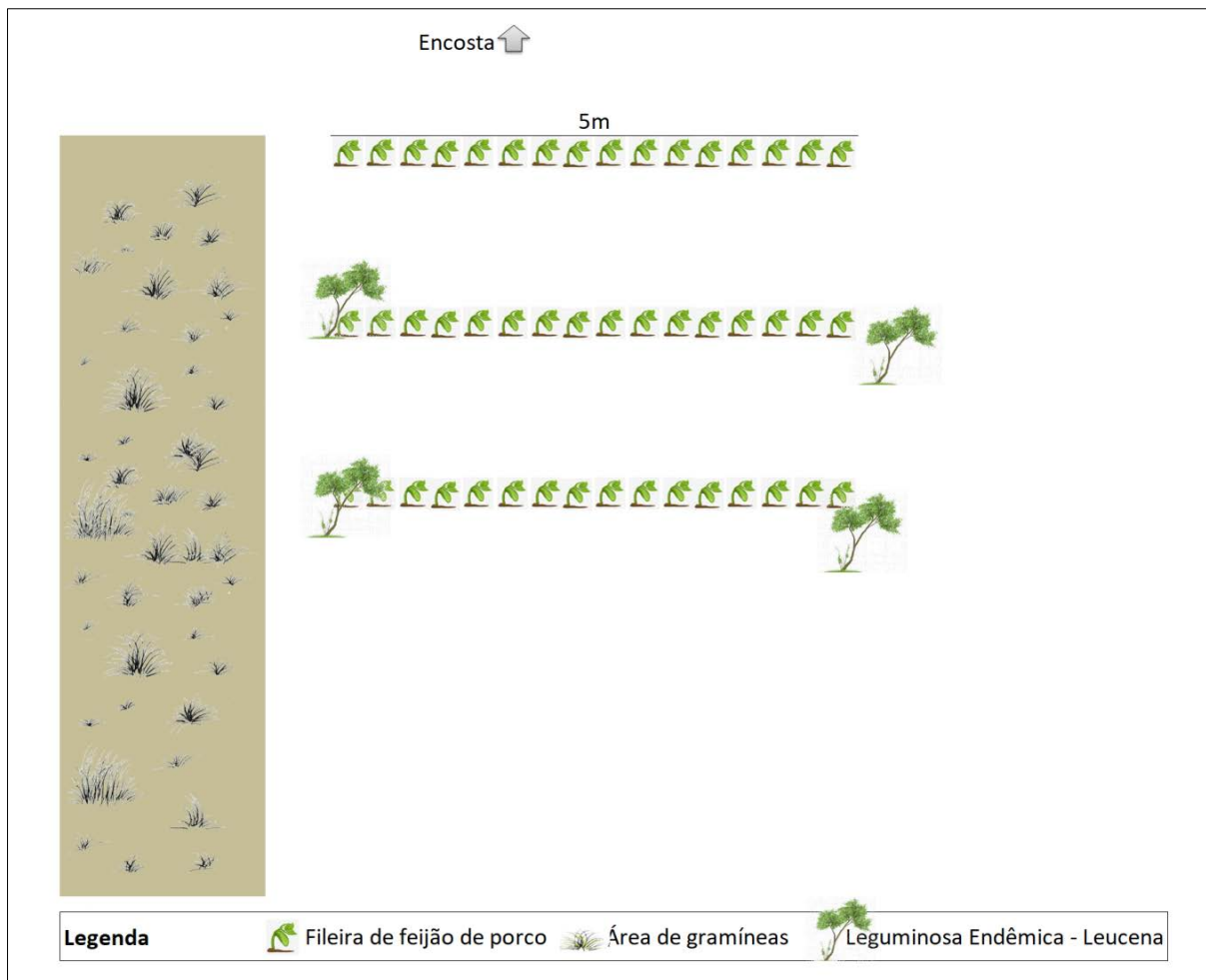


(b)

Legenda: (a) - Primeira limpeza da área. (b) - Parcela delimitada com plantio do feijão de porco em leiras e cobertura com serragem, e prédio C ao fundo da imagem.

Fonte: GUERRA, 2019.

Figura 12 - Esquema representativo no primeiro plantio no início de agosto



Fonte: A autora, 2022.

Em torno das árvores foi plantado em sementes a mucuna preta, com o intuito de se fixar no caule e troncos das árvores e aumentar gradativamente a copa das árvores, formando um emaranhado que ajude a cobrir a área e reduzir a insolação.

A disposição dos cultivos ficou em uma fileira de feijão de porco (já plantada em agosto), seguida de duas fileiras de mandioca e uma fileira de feijão guando, com a mucuna preta em torno das árvores espalhadas pelo terreno assim sucessivamente até completar 5 repetições de fileiras - menos o feijão guando, que foram 4 fileiras (figura 13). Nas fileiras de mandioca e feijão de porco que foram plantadas com sementes ou ramos tiveram contagem. Assim, ficou registrado que nas leiras de feijão de porco plantadas no início de agosto tinham 11 mudas, na segunda 8 e na terceira 6. Já na quarta e quinta fileiras plantada neste dia, tinham 10 sementes de feijão de porco em cada. Desta forma, foi realizado o croqui desta fase do SAF para melhor entendimento (figura 14).

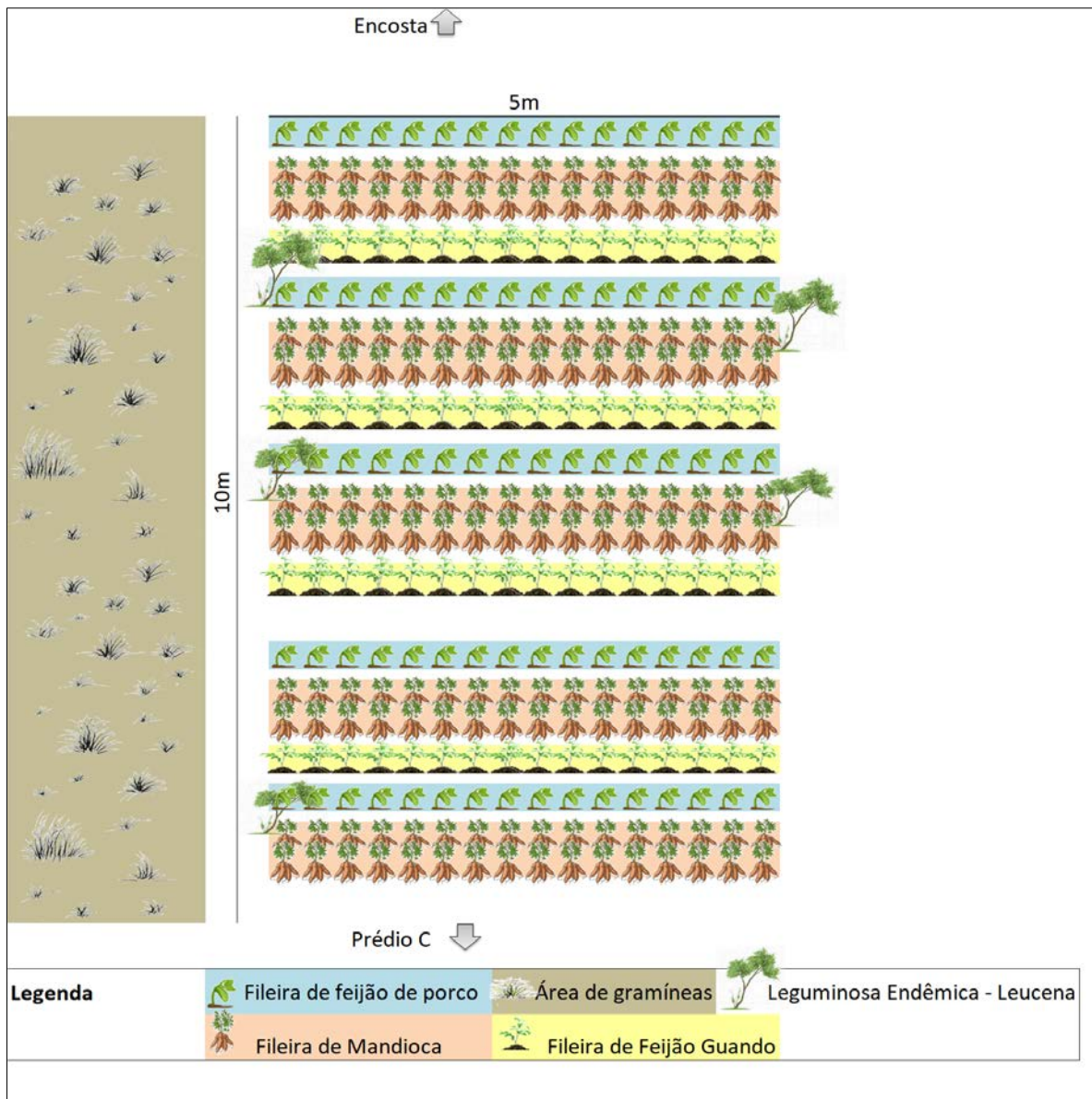
Figura 13- Plantio de mandioca e feijão guando na parcela SAF



Fonte: GUERRA, 2019.

Nesta data também foram plantadas algumas mudas de árvores nativas na borda esquerda da parcela com SAF: pupunha, jenipapo, uvaia, pau formiga e goiabeira. Entretanto, as mudas não resistiram ao ataque das formigas cortadeiras, mesmo após a destruição do formigueiro. A hipótese levantada no momento era de que devido aos anos em que a área estava abandonada, as formigas encontraram um ambiente propício para se fixarem e criaram uma rede no solo que, mesmo após o desmonte de sua área principal, ainda conseguiram se reajustar e continuar sua dominação sobre o terreno.

Figura 14 - Croqui da área do SAF e da área de gramíneas no final de agosto



Fonte: A autora, 2022.

Entre os meses de setembro, outubro e novembro, os cultivos já brotados estavam em processo de crescimento e já era possível identificar as mudas entre a vegetação. Nesta visita ao SAF foi possível observar seu desenvolvimento satisfatório. O solo era periodicamente molhado pela equipe de jardinagem da unidade e pelos alunos do projeto, o que propiciou um rápido crescimento das mudas de feijão e mandioca (figura 15a e 15b) e concomitante a isso também era mantida a limpeza da área, com retirada de espécies invasoras – principalmente o capim - à mão, mantendo o menor revolvimento do solo possível.

Figura 15 - Mudas de feijão de porco, mandioca e feijão guando



Legenda: (a)- Feijão de porco já brotado em setembro. (b)- Molhamento dos cultivos feito pelos alunos do projeto.

Fonte: A autora, 2019.

Entre outubro e novembro foi observado o crescimento dos cultivos. O feijão de porco já havia criado arbusto e se destacava na paisagem. A mandioca e o feijão guando também possuíam bom desenvolvimento – entretanto a mandioca se destacava (figura 16). O guando teve um desenvolvimento mais lento neste período. Estes dois cultivos (guando e mandioca) eram os que mais sofriam com os ataques das formigas cortadeiras. Observou-se que algumas mudas de mandioca estavam ausentes nas fileiras duplas: ou porque as ramas não brotaram, ou quando brotavam não resistiam aos cortes das folhas e restava-lhe apenas o caule fino.

Figura 16 - Desenvolvimento da mandioca e do feijão guando em 22 de outubro de 2019



Fonte: A autora, 2019.

Em Dezembro foi realizado o terceiro mutirão de limpeza (e o último do ano) e plantio do SAF Kamuatá, com o auxílio da equipe de jardinagem da unidade, os docentes e alunos de graduação para abertura de uma extensão da parcela em direção ao prédio C do campus. (Figura 17a). Para este plantio, foram utilizadas as sementes de feijão de porco colhidas do SAF (figura 17b). Nesta parte do terreno não há árvores, portanto há maior insolação. Houve o cuidado para não retirar ou danificar as outras espécies de plantas que habitavam o terreno para que a diversidade de espécies fosse maior. Ao final do plantio foi realizada a molhagem e utilizadas serragem e capim seco sob o solo, com objetivo de reter ao máximo a umidade (Figura 17c). O material usado para sobrepor o solo foi retirado do próprio SAF em outra limpeza, e após seco, foi guardado para esta finalidade.

Figura 17 – Detalhes do terceiro multirão



Legenda: (a) Abertura das leiras, destaque para as espécies habitantes. (b) Destaque para o plantio do feijão de porco. (c) Utilização do capim seco e serragem para manutenção do solo úmido.

Fonte: A autora, 2019.

Em janeiro de 2020 foi realizado um trabalho de campo no SAF para observação do crescimento dos cultivos e para retirada de amostras deformadas e indeformadas, que ocorreram em 21 de janeiro e 29 de janeiro, consecutivamente.

Durante o campo do dia 21, foi observado um solo bastante úmido devido ao volume de chuvas acumulado dos últimos dias. Observou-se uma convergência de fluxos em área de baixa encosta na parcela gramíneas e também uma estrutura menos rígida do solo próximo a primeira fileira de feijão de porco, em frente a encosta rochosa. Após uma semana sem chuvas, retornando ao campo para retirada de outra amostra no dia 29, foi observado o solo mais seco. Superficialmente, o solo ainda estava com aspecto macio, porém nas camadas subsuperficiais o solo apresentava certa resistência para penetração e retirada das amostras. Nesta data também foi possível observar o crescimento do feijão de porco, as flores e o crescimento das vagens (figura 18). A mandioca também estava com bom desenvolvimento.

Figura 18 - Retirada de amostra indeformada



Fonte: A autora, 2020.

No início de março de 2020 foi realizado o quarto mutirão para outra extensão no SAF à direita, adicionando 10 metros de área (figura 19a). Esta área em particular apresenta a borda superior direita elevada direcionando tendenciosamente os fluxos de água e sedimentos à borda centro-esquerda inferior. Nesta data foi realizado a colheita das vagens do feijão de porco; a abertura de novas leiras para plantio do feijão de porco colhido (figura 19b), mucuna preta na base das leucenas e também outras espécies arbóreas cultivadas em vasos na estufa (figuras 20a e 20b).

Figura 19 – Abertura da área à direita do SAF



Legenda: (a)- panorama do SAF com a limpeza do lado direito. (b)- Panorama da feição das leiras na nova área.

Fonte: A autora, 2020.

Figura 20 – Mudanças de árvores



Legenda: (a) - Alunos trazendo mudas da estufa para plantio no SAF. (b) – Plantio de muda por alunas.

Fonte: A autora, 2020.

Foram criadas 6 leiras para plantio de feijão de porco, seguindo as leiras já existentes no SAF. Receberam 41 sementes a 1ª leira, 39 sementes na 2ª, 62 sementes na 3ª leira, 5 sementes na 4ª, 29 sementes na 5ª e 27 sementes na 6ª leira. Também foi utilizado serragem e palha seca para cobrir as leiras (figura 21a).

Na mesma ocasião foram plantadas mudas de grumixama - uma espécie nativa da Mata Atlântica, e nas bordas da parcela SAF o mamão e a abóbora. Também foram plantadas árvores de pitanga, uvaia, araçá, urucum, maracujá e aroeira. Juntamente foi realizado o plantio de duas bananeiras à direita e à esquerda da borda superior da parcela (figura 21b) e espontaneamente brotou uma espécie de tomate cereja na mesma área.

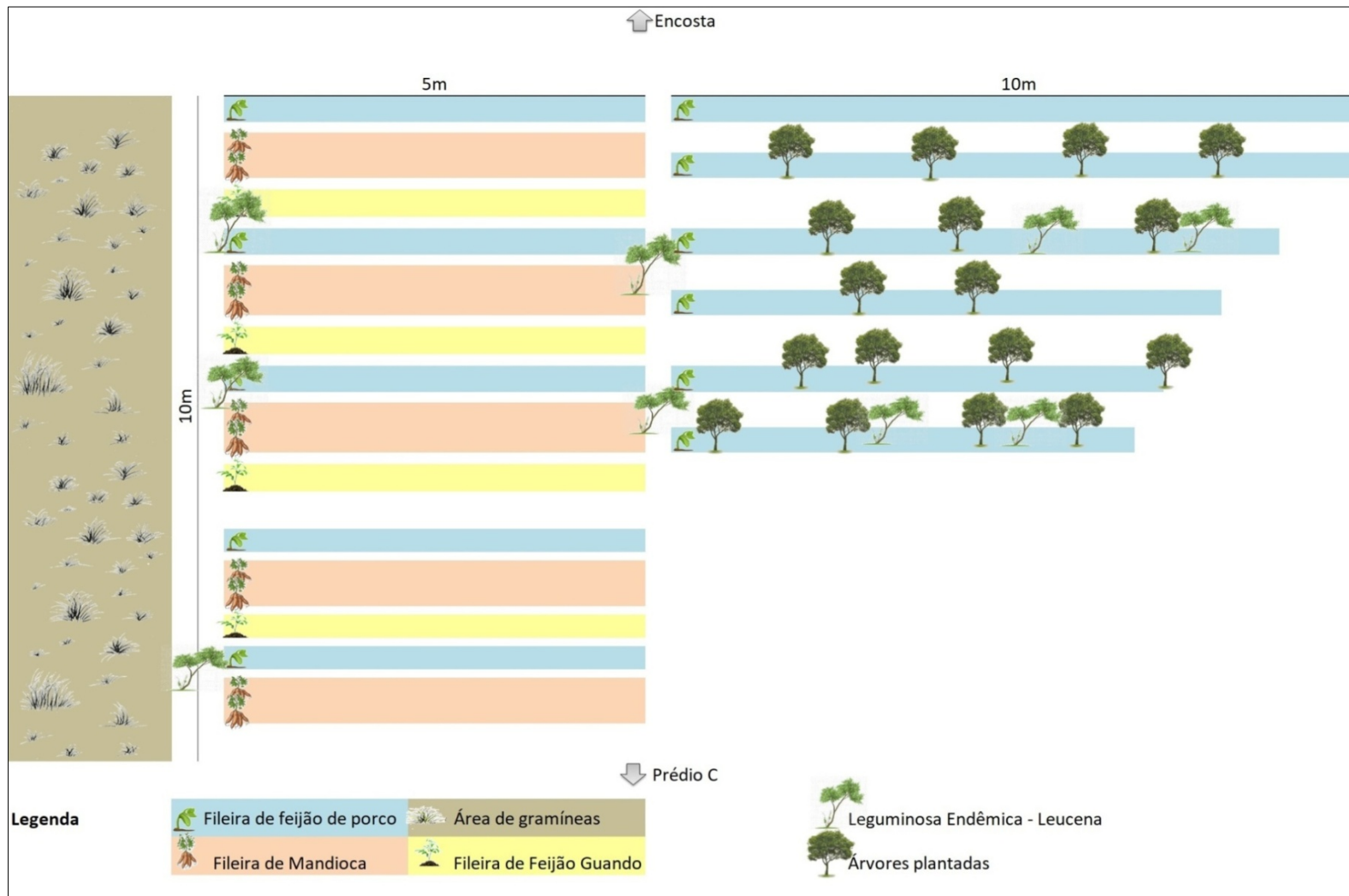
Figura 21 – Processo de plantio da nova área



Legenda: (a) – Serragem nas leiras após plantio. (b) – Bananeira plantada no SAF.
Fonte: A autora, 2020.

Para facilitar o entendimento sobre o plantio e a distribuição das espécies foi feito um croqui da parcela SAF (figura 22). Entretanto, para que o esquema ficasse mais simples, não foram adicionados todos os detalhes sobre as plantas e as árvores ali instaladas.

Figura 22 - Croqui da parcela SAF



Fonte: A autora, 2022.

3.2 Análises Físicas

3.2.1 Análise Granulométrica

Foi realizada a abertura do perfil pedológico na área do SAF Kamuatá no dia 22 de outubro de 2019 para identificação dos horizontes e camadas, bem como a profundidade de cada um para orientações no campo (Figura 23). Primeiramente foram identificados três horizontes bem definidos: o superficial com 10 cm de altura, o sub superficial após este com 16 a 20 cm de altura e outro subsuperficial chegando a 108cm.

Para a análise granulométrica foram utilizadas amostras que representassem a camada superficial e a subsuperficial do solo. As amostras foram retiradas dentro do SAF, à 5 cm e à 25cm em diferentes pontos e homogeneizadas.

Posteriormente, levadas ao laboratório em sacolas identificadas para secagem ao ar, destorroamento e preparação da TFSA para iniciar as análises físicas e químicas. A fim de manter a confiabilidade dos dados e proporcionar melhor resultado estatísticos, foram realizadas 5 repetições para análises de textura.

A análise granulométrica foi realizada utilizando-se o método da pipeta, que se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Nesta metodologia, é fixado um tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico; em seguida pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações areia fina e grossa são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%. É obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original (Embrapa, 1997).

Figura 23 - Abertura do perfil pedológico



Fonte: A, autora, 2019.

A análise granulométrica foi realizada com 5 repetições em cada amostra. As amostras 1-10 são da temporalidade 2 (outubro) e as amostras 11-20 são da temporalidade 1 (condição inicial do SAF), com profundidades superficial e subsuperficial (0-10cm e 11-30cm).

3.2.2 Análise Pluviométrica

Os dados de chuva foram colhidos a partir da aferição diária de pluviômetro e pluviógrafo. O Pluviômetro (Figura 24A) é um instrumento capaz de contabilizar o total de chuva, enquanto o pluviógrafo (Figura 24B) possui a mesma característica, mas, com a capacidade de registrar o tempo decorrido do evento pluviométrico. Diariamente, às 9h da

manhã, é realizada a aferição destes e dos demais instrumentos da Estação Climatológica, de acordo com a recomendação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Figura 24 - Instrumentos usados na aferição diária da Estação Climatológica da UERJ FFP



(a)



(b)

Legenda: (a) Pluviômetro; (b) Pluviógrafo.
Fonte: A autora, 2019.

4 RESULTADOS

4.1 SAF Kamuatá

Em meados de março de 2020 a pandemia de Covid-19 explodiu no Brasil e como medida protetiva aos cidadãos, se iniciou um ‘lockdown’ e assim como muitas instituições, a universidade parou suas atividades, a princípio por 15 dias, depois postergou esta abertura por mais alguns dias. Dias se tornaram meses e a universidade continuava a se manter fechada para docentes e alunos, estando aberta apenas para manutenção de seu prédio. Muitas pesquisas tiveram que ser adiadas ou interrompidas, principalmente aquelas que dependiam da presença do pesquisador no ambiente universitário, prédios, laboratórios, etc. E após longos meses, a universidade reabriu suas portas para os alunos em dezembro de 2021.

Entretanto, no final de junho de 2020 houve a oportunidade de se obter fotografias da área do SAF. Após três meses sem manejo e sem colheita (mas com a limpeza da área mantida através da equipe de jardinagem da FFP) o sistema agroflorestal ainda mantinha sua última configuração. As sementes de feijão de porco brotaram na área nova (figura 25a), e os arbustos de feijão guando tiveram seu tronco alongado (figura 25b). O solo se mantinha mais seco, porém a cobertura de serragem conseguiu manter a umidade do solo necessária para o desenvolvimento das novas sementes.

Figura 25 - SAF durante a pandemia de COVID 19, em junho de 2020



(a)



(b)

Legenda: (a) Vista do SAF de frente, com os novos brotos de feijão de porco à direita. (b) Feijão Guando com o tronco alongado, e chão com cobertura de serragem e formação de serrapilheira.

Fonte: HYGINO, 2020.

Em Maio de 2021, houve outra oportunidade de registrar o estágio de desenvolvimento do SAF. Neste momento o SAF não era limpo nem era manejado devido as dificuldades que a pandemia causava. Sem acesso à universidade, a área manteve-se intacta e se desenvolveu de acordo com os materiais ofertados pelo próprio ambiente: água da chuva,

cobertura de folhas das próprias árvores, e cultivo com as sementes que ali caíam por aproximadamente um ano. Alguns cultivos sobreviveram, como o caso do mamoeiro e das bananeiras (figura 26a e 26b). Estas espécies conseguiram se adaptar ao solo e ao ambiente em que foram deixadas. A mucuna também resistiu e, como espécie trepadeira, se agarrou às leucenas e se espalhou pelo terreno, alcançou outras árvores e se manteve no sistema.

As leucenas também tiveram destaque pelo seu crescimento (figura 27). Em outro momento, quando havia apenas predomínio do capim coloniã naquela área, as outras plantas não tinham grande desenvolvimento, pois a espécie invasora usava muita água para manter seu ritmo de crescimento, e associado a um solo descoberto, ajudava a perda de água e também a perda de nutrientes para o solo. Porém, tendo o solo cobertura e retenção da umidade, diversidade de espécies, aumento de trocas de energia e matéria no sistema, e aumento de nitrogênio criado pelo cultivo do feijão de porco, a leucena e outras árvores conseguiram se manter no sistema, aumentaram a copa, produziram mais sombra e diminuíram o impacto das chuvas sobre o solo, ocasionando possivelmente também a diminuição da erosão por impacto direto das gotículas de chuva sobre o solo.

Figura 26 –.Espécies frutíferas em maio de 2021



Legenda: (a)Mamoeiro (b) Bananeira

Fonte: ROCHA LEÃO, 2021.

Figura 27 – Paisagem do SAF em maio de 2021



Fonte: ROCHA LEÃO, 2021.

Sem manejo, o capim colonião que habitava a área se aproximou novamente e ganhou certo espaço (figura 27). Entretanto, neste momento, com maior diversidade de espécies e maior disputa pelos nutrientes do solo, esta espécie invasora não se desenvolveu como naquele estágio inicial. Observa-se a presença delas, porém sem o predomínio da mesma na área do SAF.

Em dezembro de 2021, após um longo período sem manejo, os sinais de evolução da paisagem se mostram mais consolidados. Ao observar o solo de perto (figura 28), notou-se uma modificação pelo incremento de matéria orgânica trazendo um aspecto mais escuro devido a decomposição da serrapilheira criada pela copa das árvores e arbustos e pelos restos deixados pelo manejo. Esta agregação pelo solo beneficiou todo o sistema, trazendo atributos que são usados por todos os participantes do sistema agroflorestal.

Outra observação foi referente a infiltração após eventos pluviométricos. Foi percebido que, embora estivesse passando por uma primavera mais chuvosa e tendo acumulado alguns dias de precipitação, não se observava o solo encharcado ou com acúmulo

de água capaz de formar um pequeno lago nas bordas do prédio C. Em outros tempos, esta área estaria com um acumulo de água significativo, pois o prédio está situado em uma área declivosa e serve de barreira para a passagem da água superficial. Entretanto, o que nota-se, é que mesmo com o solo recebendo grandes volumes de água, ele está sendo capaz de realizar boa infiltração sem sinais de escoamento superficial de grande magnitude.

Figura 28 – Detalhe do solo do SAF em dezembro de 2021



Fonte: ROCHA LEÃO, 2021.

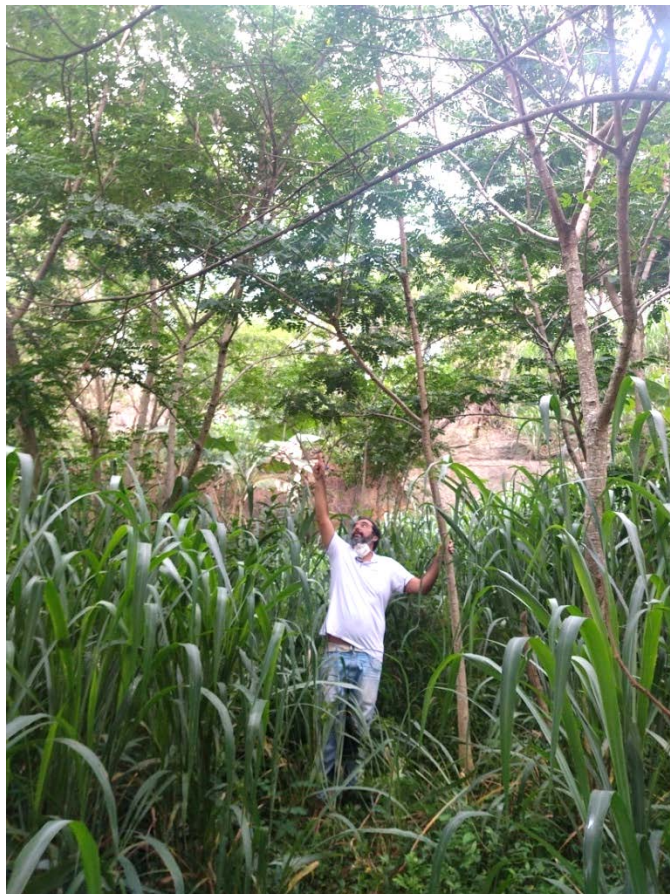
Uma outra mudança observada na paisagem foram em relação a altura das árvores e o preenchimento das copas. A cobertura arbórea está maior (figura 29), devido possivelmente as trepadeiras plantadas com o objetivo de crescerem juntamente das árvores. Nas imagens é possível observar os ramos conectarem as árvores ao redor. outro fator importante é o crescimento de novas árvores, como o caso do feijão guando e da leucena que aumentaram a cobertura aérea. Também observou-se o crescimento das árvores já existentes e o crescimento do capim coloniã – o que deve-se também ao grande volume de chuvas ocorrido no ano de 2021, principalmente no segundo semestre (figura 30).

Figura 29 – Copa das árvores em dezembro de 2021



Fonte: A autora, 2021.

Figura 30 - Proporção da altura das árvores versus a altura do capim colômbio



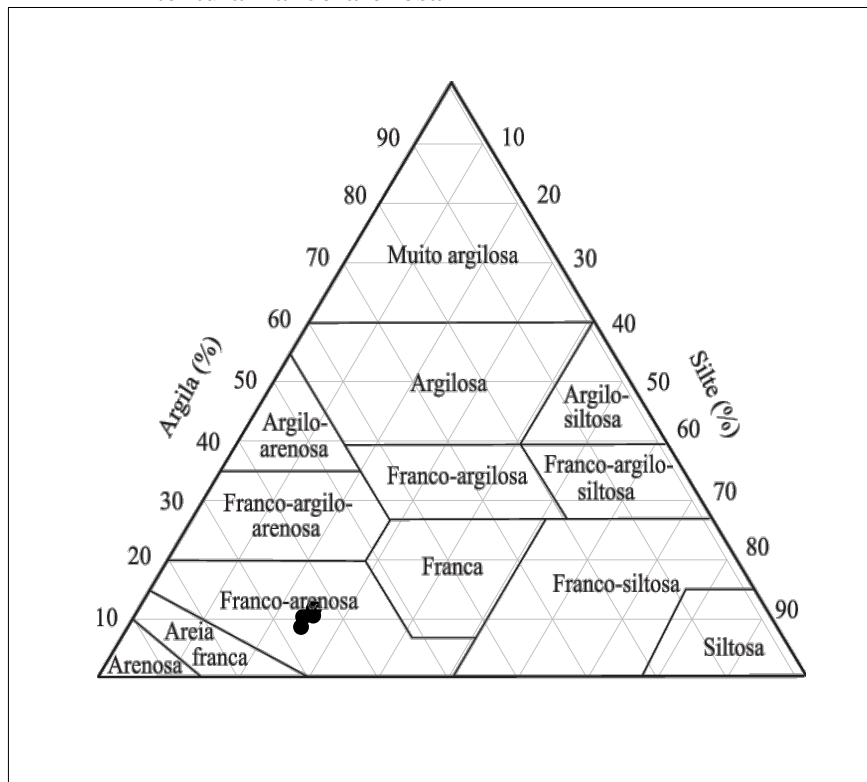
Fonte: A autora, 2021.

4.2 Análises Pedológicas

Os resultados desta análise mostram maior concentração de areia em todas as amostras colhidas, tanto na área onde já estava instalado o SAF quanto na área em que na época da coleta não havia cultivos. A análise resultou na classificação do solo como franco-arenosa (Figura 31).

Durante a coleta, foi observada uma dificuldade de penetração no solo a partir dos 15cm de profundidade. Foram encontradas pequenas rochas, que foram descartadas das análises. Os dados obtidos estão expressos na Tabela 1².

Figura 31– Cálculo através do Triângulo textural, apresentando como resultado a textura franco-arenosa



Fonte: A autora, 2021.

² A amostra 19 sofreu avaria e não foi possível sua utilização. Foi descartada.

Tabela 1- Resultados de Granulometria

Amostra	Profundidade (cm)	Peso Total (g)	Peso usado (g)	Peso do Cascalho (g)	Areia grossa (g)	Areia Fina (g)	Argila (g)	Areia (%)	Areia grossa (%)	Areia Fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Sedimentos Finos (%)	Prova real (Areia + Sedimentos finos)
1	0-10 cm	1707,4	20	528,08	10,33	2,56	0,12	64,45	51,65	12,80	24,55	11,00	35,55	100
2					10,78	2,41	0,13	65,95	53,90	12,05	22,05	12,00	34,05	100
3					10,41	2,68	0,08	65,45	52,05	13,40	27,55	7,00	34,55	100
4					10,85	2,41	0,11	66,30	54,25	12,05	23,70	10,00	33,70	100
5					10,96	2,15	0,13	65,55	54,80	10,75	22,45	12,00	34,45	100
MÉDIA					10,67	2,44	0,11	65,54	53,33	12,21	24,06	10,40	34,46	100
6	11-30 cm	1680,19	20	465,24	10,44	2,53	0,13	64,85	52,20	12,65	23,15	12,00	35,15	100
7					10,26	2,70	0,12	64,80	51,30	13,50	24,20	11,00	35,20	100
8					10,72	2,45	0,10	65,85	53,60	12,25	25,15	9,00	34,15	100
9					10,56	2,55	0,12	65,55	52,80	12,75	23,45	11,00	34,45	100
10					9,20	2,56	0,11	58,80	46,00	12,80	31,20	10,00	41,20	100
MÉDIA					10,24	2,56	0,12	63,97	51,18	12,79	25,43	10,60	36,03	100
11	0-10 cm	2363,41	20	907,31	10,30	2,67	0,10	64,85	51,50	13,35	26,15	9,00	35,15	100
12					9,40	2,86	0,14	61,30	47,00	14,30	25,70	13,00	38,70	100
13					10,32	2,40	0,13	63,60	51,60	12,00	24,40	12,00	36,40	100
14					10,22	2,36	0,15	62,90	51,10	11,80	23,10	14,00	37,10	100
15					10,23	2,49	0,12	63,60	51,15	12,45	25,40	11,00	36,40	100
MÉDIA					10,09	2,56	0,13	63,25	50,47	12,78	24,95	11,80	36,75	100
16	11-30 cm	2285,24	20	925,84	10,02	3,27	0,10	66,45	50,10	16,35	24,55	9,00	33,55	100
17					10,22	3,11	0,09	66,65	51,10	15,55	25,35	8,00	33,35	100
18					9,80	3,35	0,11	65,75	49,00	16,75	24,25	10,00	34,25	100
20					10,55	2,97	0,09	67,60	52,75	14,85	24,40	8,00	32,40	100
MÉDIA									10,14	3,17	0,09	66,61	50,73	15,87
Média			20		10,29	2,63	0,11	64,68	51,49	13,19	24,78	10,53	35,31	100
Desvio Padrão					0,42	0,30	0,01	1,94	2,14	1,50	1,89	1,72	1,94	0
Coef. Var.					0,04	0,11	0,14	0,03	0,04	0,11	0,07	0,16	0,05	0
Cálculos							valor do dispersante: 0,01							
% Areia Grossa: peso da areia grossa (g) x 5 x F							Valor de F: pesar 20 g de TFSA e levar para secar na estufa por uma hora;							
% Areia Fina: peso da areia fina (g) x 5 x F							Pesar TFSA após estufa;							
% Argila: peso da argila (g) - dispersante x 100 x F							Dividir 20 g pelo peso que der após estufa. O valor alcançado é equivalente ao de F							

De acordo com o trabalho desenvolvido por Lemes (2011) na mesma área de pesquisa, foram identificados quatro horizontes pedológicos, sendo eles H1 com profundidades de 0-22cm; H2 23-39cm; H3 com 40-94cm e H4 de 95-132cm de profundidade. Entre os dados obtidos com a granulometria, mostrou-se com a classificação textural que os horizontes 1 e 2 estão inclusos na classe franco arenoso, e o H3 e H4 são considerados franco-siltosos. O autor sugere que nas profundidades inferiores (H3 e H4) o maior percentual de argila deve-se ao maior grau de intemperismo K_i e K_r , diferentemente da classificação da superfície que contém mais areia em sua composição.

Comparando os dados superficiais de Lemes (2011) com a atual pesquisa, verifica-se que ambos estão inseridos na mesma classificação (Franco-arenosa), podendo indicar a similaridade entre as áreas de pesquisa e possivelmente a mesma tipologia de solos, se comparada outras questões geomorfológicas.

Os dados relacionados a densidade aparente encontrados por Lemes (2011) indicam que o horizonte H2 ($1,47\text{g/cm}^3$) tem o maior índice de compactação comparado aos outros horizontes (H1 $1,25\text{g/cm}^3$, H3 $1,25\text{g/cm}^3$ e H4 $1,32\text{g/cm}^3$). De acordo com as palavras do autor, quanto menos estruturado e mais compactado é o solo, maior tende a ser a densidade aparente. Neste sentido, é possível haver leve resistência à penetração entre os horizontes superficiais e subsuperficiais H2 e H3.

Quanto aos dados de porosidade total, Lemes (2011) observa resultados semelhantes em ambos os horizontes com leves discrepâncias, totalizando 50,71% de porosidade total em H1, 51,61% em H2, 49,45% em H3 e 46,68% em H4. Para microporosidade e macroporosidade, respectivamente, os dados não apresentaram variações bruscas, estando dispostos de maneira proporcional: H1 com 22,27% e 24,43%; H2 com 24,93% e 22,14%; H3 com 22,54% e 26,91%; e H4 com 22,85% e 23,83% de microporos e macroporos.

Em relação a condutividade hidráulica, o ensaio realizado por Lemes (2011) foi feito em três profundidades (25cm, 32cm e 120cm), com uma coluna d'água constante com carga de 5cm e 10cm com uma repetição para cada carga. Os resultados foram de $1,2 \times 10^{-3} K_{\text{sat}}$ (cm/s) em 25cm de profundidade, $5,0 \times 10^{-4} K_{\text{sat}}$ (cm/s) aos 32cm e $1,3 \times 10^{-4} K_{\text{sat}}$ (cm/s) aos 120cm, obtendo a mesma grandeza nas profundidades subsuperficiais, classificando assim a condutividade hidráulica entre média e baixa, de acordo com Klute e Dirksen (1986) *apud* Stephens (1996).

4.3 Análise Pluviométrica

Durante o período de observação do crescimento do SAF, entre agosto de 2019 e fevereiro de 2020, houve 82 dias chuvosos, descritos na Tabela 2. Nesta análise, foram contabilizados todos os eventos que ocorreram em um intervalo de 24h pela Estação Climatológica da UERJ FFP. Há destaque para dois eventos de grande magnitude que ocorreram no verão de 2020, nos dias 13 de janeiro e no dia 03 de fevereiro, com índices pluviométricos acima de 50mm.

A grande maioria dos eventos registrados é de índices pluviométricos entre 0,1mm a 5,0mm (65% dos eventos registrados no período), indicando alta frequência dos eventos com pequenas magnitudes. Essas chuvas em épocas de temperaturas mais quentes, principalmente na primavera e no verão, não são capazes de fazer um molhamento significativo no solo.

Os eventos entre baixa e média magnitude – classificados entre 5,1mm a 15mm – foram 23% dos casos, que caracterizam chuvas mais importantes desde que bem distribuídas temporalmente, pois são mais eficazes no quesito molhamento dependendo da sua distribuição ao longo do dia ou em dias subsequentes, minimizando os efeitos erosivos.

Já os eventos mais raros com grandes magnitudes (acima de 40mm) não chegam a 5% dos eventos registrados no período (Tabela 3). Esses eventos com ampla distribuição ao longo do dia ou em um único registro de poucos minutos são passíveis de atenção para com o solo e o cultivo, pois tem grande poder erosivo, principalmente quando associado com o declive do terreno e o desenvolvimento da vegetação.

Tabela 2 - Total pluviométrico diário no período de agosto de 2019 a fevereiro de 2020

DATA	CHUVA (mm)	DATA	CHUVA (mm)
03/08/19	15,5	22/11/19	16,4
04/08/19	20,8	23/11/19	1,0
13/08/19	2,0	27/11/19	10,7
14/08/19	5,9	28/11/19	0,4
15/08/19	3,0	01/12/19	0,3
20/08/19	3,8	03/12/19	1,7
21/08/19	0,6	04/12/19	1,8
23/08/19	2,0	05/12/19	12,2
24/08/19	3,2	06/12/19	1,0
25/08/19	0,5	09/12/19	0,8
01/09/19	14,9	10/12/19	18,8
02/09/19	5,2	11/12/19	0,2
03/09/19	2,8	12/12/19	27,4

04/09/19	0,4	14/12/19	1,1
05/09/19	7,0	18/12/19	0,2
06/09/19	0,6	22/12/19	24,2
14/09/19	4,4	23/12/19	32,2
21/09/19	0,2	24/12/19	1,5
22/09/19	3,4	30/12/19	6,8
23/09/19	0,3	31/12/19	0,1
25/09/19	1,8	02/01/20	7,4
26/09/19	11,1	03/01/20	9,5
28/09/19	4,0	04/01/20	2,3
29/09/19	0,4	05/01/20	0,7
08/10/19	6,5	06/01/20	0,4
09/10/19	31,0	08/01/20	0,2
20/10/19	0,6	09/01/20	0,2
21/10/19	0,1	13/01/20	52,1
25/10/19	13,3	17/01/20	3,0
01/06/11	0,2	18/01/20	1,2
06/11/19	0,4	19/01/20	0,1
07/11/19	0,1	23/01/20	6,9
08/11/19	0,3	24/01/20	5,8
11/11/19	9,2	25/01/20	1,2
12/11/19	0,6	29/01/20	10,1
14/11/19	7,2	30/01/20	10,5
15/11/19	2,8	31/01/20	1,9
16/11/19	0,2	02/02/20	5,6
17/11/19	0,3	03/02/20	66,1
18/11/19	0,1	04/02/20	3,2
19/11/19	0,5		
21/11/19	0,5	TOTAL	534,85

Fonte: Dados cedidos pela Estação Climatológica da UERJ FFP.

Tabela 3 - Relação entre os índices pluviométricos e a quantidade de eventos do período

ÍNDICE (mm)	QTD EVENTOS	%
0,1 a 1,0	32	39,0%
1,1 a 5,0	21	25,6%
5,1 a 15,0	19	23,2%
15,1 a 30,0	6	7,3%
30,1 a 40,0	2	2,4%
40,1 a 70,0	2	2,4%
TOTAL	82	100,0%

Fonte: Dados cedidos pela Estação Climatológica da UERJ FFP.

Em comparação com o total mensal, os resultados mostram a tendência dos meses de inverno ser mais secos, em comparação com os meses de verão com maiores concentrações pluviométricas ao longo do mês, com exceção do mês de fevereiro (Tabela 4).

Tabela 4 - Totais pluviométricos mensais

MÊS	CHUVA (MM)
AGOSTO	57,3
SETEMBRO	56,5
OUTUBRO	51,5
NOVEMBRO	50,85
DEZEMBRO	130,3
JANEIRO	113,5
FEVEREIRO ³	74,9
TOTAL	534,85

Fonte: Dados cedidos pela Estação Climatológica da UERJ FFP.

³ O mês de fevereiro não contabiliza todos os dias, por falta de dados.

CONCLUSÕES

Ao longo de quase três anos, observou-se a implantação e desenvolvimento de um sistema agroflorestal em ambiente urbano. O objetivo inicial de manejo e controle do processo através de análises periódicas deu lugar ao acompanhamento visual durante a pandemia de COVID 19 e demonstrou que, embora seja de suma importância o acompanhamento do desenvolvimento de um SAF, as transformações ocorrem dependentes apenas dos materiais e energias adicionados ou retirados delas. O sinergismo do SAF nesse período sem interferência humana fez criar, por ele mesmo, a alteração da paisagem outrora degradada. Esse princípio de autoregulação dentro de um sistema criou aos poucos um ambiente mais adaptado às necessidades das espécies no sistema agroflorestal e também ao sistema solo. Nesta análise de sistemas, a interação inicial com o objeto de estudo criou um distúrbio que fez com que saísse de uma zona de equilíbrio para um estado de não equilíbrio. E assim, buscar novamente um novo equilíbrio para estes sistemas.

Dentro do município de São Gonçalo as formas geomorfológicas existentes na área urbana associados ao planejamento urbano (ou à falta deste) criam pontos de atenção quando se iniciam as chuvas de maior magnitude. O conjunto de encostas descobertas, construções irregulares e escassez de recurso público destinados a este fim resulta em risco para a população gonçalense: tanto o risco a propriedade quanto risco à vida. Por ser um problema recorrente no município, diversos autores já salientaram a necessidade de revegetar as encostas para diminuir ou exaurir os problemas ambientais decorrentes de movimentos de massa ou processos erosivos. A área escolhida para o desenvolvimento do SAF tem diversos atributos que a torna propícia para a pesquisa dentro do município: domínio geomorfológico representativo, problemas ambientais similares às encostas encontradas na área urbana como a degradação do solo e próximos à cicatrizes de movimentos de massa.

As análises preliminares mostraram uma condição degradada do solo, e mostrando resultados característicos de concentração de areia nos primeiros centímetros. Dentre as características iniciais, a falta de matéria orgânica no topo do solo, a presença massiva de espécies invasoras como o capim colônia e as insistentes queimadas naturais e/ou provocadas acentuavam a percepção de que se tratava de uma paisagem devastada pelo fogo, pelas chuvas, e pelo despojo de material proveniente da construção civil.

A condição atual do sistema agroflorestral da EE Kamuatá é de uma sucessão ecológica indicativa de recuperação da área degradada. As condições geradas a partir do incremento de matéria orgânica, fixação de nitrogênio, e manejo do solo com feição de curvas de nível para retenção da água tiveram papel primordial para a regeneração do solo e da vegetação após 10 meses de manejo intensivo com regeneração induzida, e regeneração espontânea após 20 meses sem manejo. No último campo em dezembro de 2021 constatou-se melhora visual dos atributos do solo, aumento de diversidade no sistema agroflorestral e desenvolvimento de novas espécies, formação de agregados, regulação da infiltração, a falta da queimada nos períodos secos, aumento de área sombreada, entre outros benefícios. Em relação ao aumento da diversidade na agroflorestra, foram observados brotamento espontâneo de novas espécies, como já supracitado o tomateiro, bromélias, e outras espécies rasteiras. Dentre os cultivos que prosperaram e sobreviveram ao tempo sem manejo está a bananeira, o mamoeiro, as leucenas endêmicas, a mucuna na base das leucenas – com grande desenvolvimento nas copas das árvores- e alguns dos cultivos de feijão de porco que continuaram a crescer.

As análises realizadas tanto no solo quanto na estação climatológica em 2019 e 2020 servirão de respaldo para as próximas pesquisas na área, que poderão mostrar em dados absolutos o nível de regeneração deste solo, assim como foram utilizados como método de comparação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. Por um novo sentido à prática da agricultura. In: ALTIERI, M. *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, Apresentação à quinta edição, 2004. p. 7-15.

ALTIERI, M. A. *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Boulder: Westview Press, 1987 apud ALTIERI, M. *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

ALTIERI, M. *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

BERTALANFFY, L. *Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações*. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

BERTOLINO, A. V. F. A. et. al. Análise da Dinâmica Climatológica no Município de São Gonçalo/RJ: Triênio 2004 – 2007. *Revista Tamoios*, [S.l.] v.3, nº 2, jun. 2010.

BERTOLINO, L. C. et al. Análise dos deslizamentos em São Gonçalo - Rio de Janeiro: uma abordagem multi-escalar. *Revista Geografias*, [S.l.] v. 1, p. 55-63, 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Piracicaba: Livroceres, 1985.
_____. _____. 7. ed. Rio de Janeiro: Ícone, 2010.

BORGES, A. L.; XAVIER, F. A. da S.; CARVALHO, J. E. B. de. *Plantas melhoradoras do solo para fruteiras tropicais*. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015.

BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7. ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989.

BRANDÃO, V. S. et al. Resistência hidráulica da crosta formada em solos submetidos a chuvas simuladas. *R. Bras. de Ciênc. do Solo*, Viçosa, v. 30, p.13- 21, 2006.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRUNET, R., FERRAS, R.; THÉRY, H. *Les mots de la géographie, dictionnaire critique*. Paris: Reclus, 1992 apud CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Bücher, 1999.

CADASTRO Nacional de Unidade de Conservação (CNUC). Disponível em: <<http://sistemas.mma.gov.br/portalcnucrel/index.php?fuseaction=portal.consultarFicha>>. Acesso em 07.jul.2020.

CALEGARI, A. et al. *Adubação verde no sul do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria de Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993.

- CARVALHO FILHO, A. et al. *Os Solos do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília: CPRM, 2000.
- CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas Dinâmicos: as Abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. *Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 89-110.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Bücher, 1999.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B.; *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 93-148
- COGO, N.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *R. Bras. de Ciênc. do Solo*, Viçosa, v. 27, p. 743-753, 2003.
- DANIELS, R. B.; NELSON, L. A. Future variability and productivity: Future developments. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 51. n.2, p.279-291, 1987.
- EIRAS, P. P. *Adubação verde na cultura do milho*. Niterói: Programa Rio Rural, 2010.
- EMBRAPA SOLOS. Mapa de solos do estado do Rio de Janeiro. Escala 1:500.000. Disponível em <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Asolos_lat_long_wgs84>. Acesso em 12.mar.2020.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.
- ENCIBRA S.A. *Projeto: plano municipal de saneamento básico do município de São Gonçalo*. São Gonçalo: ENCIBRA S.A, 2015. 437p. Relatório Técnico.
- FIRMINO, W. M. C. *Análise do comportamento hidrológico de escorregamentos associados à incêndios nos períodos de junho a dezembro de 2017, na vertente do bairro Venda da Cruz em São Gonçalo – RJ*. 2019. 64f. Monografia (Licenciatura em Geografia) Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2019.
- FORMENTINI, E. A. et al. *Cartilha sobre adubação verde e compostagem*. Vitória: INCAPER, 2008.
- GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2002.
- GREGORY, K. J. *A natureza da Geografia Física*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1985.
- GUERRA, A. J. T., SILVA; A. S da; GUERRA, J. G. M. (org.) *Desempenho de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura do solo*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, B. S. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA, M. *Sem título*. 2019. Fotografias. Coleção particular.

HEATHWATE, A. L.; TRUDGIL, S. T. Land user controls on sediments production in a lowland catchment, South-west England. In: BOARDMAN, J.; FOSTER, I.D.L.; DEARING, J.A. *Soil Erosion on Agricultural Land*. Chichester: John Wiley and Sons, 1990. p. 70-86.

HYGINO, L. F. *Sem título*. 2020. Fotografias. Coleção particular.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Agropecuário 2017 - Resultados definitivos. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/sao-goncalo/pesquisa/24/76693>>. Acesso em 21.nov.2019.

IGREJA JUNIOR, B. G. *Dinâmica do solo associada ao uso de adubos verdes e práticas conservacionistas no assentamento fazenda engenho novo – São Gonçalo, RJ*. 2015. 202f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2015.

KARMANN, I. Ciclo da água. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 113-138.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

KLUTE, A.; DIRKSEN, C. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods, In: KLUTE, A. *Methods of soil analysis, part 1: physical and mineralogical methods*. 2nd. ed. Agronomy Monograph. n. 9, ASA, Madison, 1986, p.687-734 apud STEPHENS, D. B. *Vadose Zone Hydrology*. New York, Lewis Publishers, 1996..

LARSON, W. E; PIERCE, E. J .The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W; COLEMAN, D. C; BEZDICEK, D. F; STEWART, B. A. (EDS) *Defining soil quality for a sustainable environments*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.37-51.

LEMES, M W. *Análise físico-química, mineralógica e petrográfica de um Cambissolo Háptico em área de movimentos de massa: estudo de caso do Morro do Patronato – São Gonçalo/RJ*. 2011. 83f. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2011.

LEPSCH, I. F. *19 Lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIBARDI, P. L. *Dinâmica da Água no Solo*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

LIBARDI, P. L. *Física do solo*.Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

MACEDO, R.C.; ALMEIDA, C.M.; SANTOS, J.R.: Valoração Ambiental e Geotecnologias: Integração entre Ciências Sociais e Geociências. *Revista Brasileira de Cartografia* [S.l.] v. 2, nº 68, p. 253-262, 2016. Edição Especial Aplicações do SIG.

- MESAVILLA, D. T. *O que é e porque realizar o PRAD? Uma breve descrição sobre as etapas...* Carazinho - RS. MB Geologia e Meio Ambiente, 2017?. Disponível em: <<https://mbgeologia.com.br/novidades/detalhe/33/o-que-e-e-porque-realizar-o-prad>>. Acesso em 11 de out de 2020.
- MORGAN, R. P. C. *Soil Erosion and Conservation*. England: Longman Group, 1986.
- MUZILLI, O. Influência do plantio direto comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. Bras. de Ciênc. do Solo*, Viçosa, v.7, p.95-102, 1983.
- NAIR, P. K. R. *Agroforestry Systems in the Tropics*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1989.
- PERIN, A. et al. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. *Rev. Bras. de Ciênc. Do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 207-213, 2004.
- PERIN, A. et al. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. *Rev. Bras. de Ciênc. do Solo*, Viçosa, v. 26, n.3, p.713-720, 2002.
- PERIN, A.; TEIXEIRA M. G.; GUERRA J. G. M. *Avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva permanente de solo*. II. Amendoim Forrageiro, Galáxia e Centrosema. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 6p. Relatório Técnico.
- PORTELA, L. S. et al. Uso das leguminosas arachis pinto e pueraria phaseoloides na reestruturação do solo aplicadas em parcelas experimentais de erosão no município de São Gonçalo DE GEO/UERJ/FFP. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 9., 2012, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, UFRJ, 2012. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/1/1-601-570.html>>. Acesso em: 18 fev. 2020.
- PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e manejo do solo. *Agriculturas*, [S.l.] v.5, nº 3, 2008.
- PRUSKI, F. F. *Conservação de Solo e Água: Práticas Mecânicas Para o Controle da Erosão Hídrica*. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, 2009.
- ROCHA LEÃO, O. M. *Sem título*. 2021. Fotografias. Coleção particular.
- RODRIGUEZ, J. M. T. *Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. 2. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.
- ROUGERIE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. *Geosystemes et paysages: bilan et méthodes*. Paris, Armand Colin, 1991 apud CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Bücher, 1999.
- SALGADO, C. M. *Erodibilidade de coberturas sedimentares/pedológicas e variabilidade espacial de propriedades pedológicas físicas em cabeceiras de drenagem em anfiteatro - Bananal (SP/RJ)* 1996. 154f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, 1996.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M.: *Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2015. p.229-267

SANTOS, C. P. *Análise da perda de solo e água por escoamento superficial em parcelas de erosão sob manejos distintos em Região Tropical: Estação Experimental da PESAGRO – Paty do Alferes/ RJ*. 2016. 69f. Monografia (Licenciatura em Geografia) Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2016.

SANTOS, C. P., BERTOLINO, A. V. F. A. Perdas erosivas por escoamento superficial associados ao potencial da água no solo em manejos distintos. In: PINHEIRO, L. S. GORAYEB, A. (Org.) *Geografia física e as mudanças globais*. Fortaleza, Editora UFC, 2019. p.730-741.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro De Classificação De Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SÃO GONÇALO (RJ). Secretaria Municipal de Saúde. Plano municipal de contingência de proteção e defesa civil. Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, São Gonçalo, 2019.

SCHUMM, S. A. Geomorphic thresholds and complex response of drainage systems. In: MORISAWA, M. *Fluvial Geomorphology*. Binghamton: Publications of Geomorphology, State University of New York, 1973, p. 299-310.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. *R. Bras. de Ciênc. do Solo*, Viçosa, n. 21, p. 287-291, 1997.

SOTCHAWA, V. B. O estudo dos geossistemas. *Revista IG-USP*, São Paulo, n.16, 1977. Cadernos Métodos em Questão.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. *R. Bras. de Ciênc. do Solo*, Viçosa, n. 27, p.133-139, 2003.

STEPHENS, D. B. *Vadose Zone Hydrology*. New York, Lewis Publishers, 1996.

TOGNON, A. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de latossolos roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. *R. Bras. de Ciên. do Solo*, Viçosa, n. 21, p. 271-278, 1997.

TÓRNIO, C. A. A. *Dinâmicas atmosféricas e a gênese das Chuvas no município de São Gonçalo (RJ) no período de 2005 a 2016*. 2019. 160f. Monografia (Licenciatura em Geografia) Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2019.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. *O Solo como Sistema*. Curitiba: Ed. dos autores, 2011.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. de. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: VIDAL-TORRADO, P.;

ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J.; PROCHNOW, L. I. (Org.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. IV, 2005, p. 145-192.

VITTE, A.C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física. *Revista de Geografia da UFC*, Fortaleza, ano 06, n. 11, 2007.

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J. *Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas*. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007. 52p. Relatório Técnico.

ZOONEVELD, I. S. *Land ecology: An introduction to landscape ecology as a base of land evolution, land management and conservation*. Amsterdam: S.P.B. Academic Publishing, 1995 apud RODRIGUEZ, J. M. T. *Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. 2. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.