



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

**A VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO MANEJO DE SISTEMAS  
SILVIPASTORIS EM PEQUENAS PROPRIEDADES NO SISTEMA CANTAREIRA, SP,  
BRASIL**

Por

**GABRIELA GOULART OLIVEIRA**

**NAZARÉ PAULISTA, 2020**



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

**A VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO MANEJO DE SISTEMAS  
SILVIPASTORIS EM PEQUENAS PROPRIEDADES NO SISTEMA CANTAREIRA, SP,  
BRASIL**

Por

**GABRIELA GOULART OLIVEIRA**

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO**

**PROF. DR. ALEXANDRE UEZU  
PROF. DR JUNIOR CESAR AVANZI  
PROF. DR. DANIEL CAIXETA ANDRADE**

**TRABALHO FINAL APRESENTADO AO PROGRAMA DE MESTRADO  
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE**

**IPÊ – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS**

## **Ficha Catalográfica**

Oliveira, Gabriela Goulart

A viabilidade econômica e ambiental de sistemas silvipastoris em pequenas propriedades no Sistema Cantareira, SP, Brasil 2020.

Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas ecológicas

1. Estoque de carbono
  2. Infiltração no solo
  3. Viabilidade econômica
- I. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, IPÊ

## **BANCA EXAMINADORA**

### LOCAL E DATA

---

Prof. Dr. Alexandre Uezu

---

Prof. Dr. Junior Cesar Avanzi

---

Prof. Dr. Daniel Caixeta Andrade

Dedico esse estudo à minha família que representa meu alicerce sem o qual não conseguiria prosseguir e continuar caminhando.

## AGRADECIMENTOS

Como escrito na dedicatória, minha família é meu alicerce e sempre apoia as minhas decisões e orienta os meus caminhos. Meus pais assumiram a pesquisa junto comigo e foram a campo me auxiliar com as análises, sou extremamente grata e abençoada por tê-los em minha vida. Meus irmãos aguentaram meus momentos de estresse e me ofereceram aconchego e minha cachorra esteve comigo em cada letra escrita ou lida neste trabalho. Eles são o meu maior privilégio. Portanto, início meus agradecimentos a eles.

Em seguida, agradeço a Karin e a Maria que acreditaram em mim e aceitaram minha conciliação de tempo entre a empresa e o mestrado. Ao Leonardo e a Bianca que me incentivaram, apoiaram, compreenderam meus momentos e foram extremamente pacientes durante a minha jornada.

À Bianca, especialmente, por ser mais do que uma amiga, uma irmã e que esteve comigo nos momentos bons e ruins e me deu saídas quando eu já não as via mais.

Agradeço ao meu Comitê de Orientação por terem aceitado o desafio e que pararam e me atenderam com toda paciência para me auxiliar na estratégia e nos caminhos futuros da minha pesquisa. Daniel, Cesar e Alexandre vocês são demais, muito obrigada. Em especial, Alê meus agradecimentos por ser tão solícito e dedicado a minha pesquisa.

Um agradecimento a toda equipe da ESCAS que proporcionaram aulas incríveis e que permitiram abrir minha cabeça para os diversos conhecimentos.

Agradeço ao CNPq, por meio do projeto NEXUS, que me apoiou como bolsista e possibilitou a realização dessa pesquisa.

Aos administradores e proprietários - Miguel, Ricardo e Alexandre - que abriram as portas de suas propriedades e permitiram que a pesquisa fosse realizada, muita gratidão. Espero que os resultados dessa pesquisa sejam satisfatórios também para vocês, parabéns por estarem abertos a iniciativas inovadoras e obrigada pela solicitude em cada demanda enviada por e-mail ou WhatsApp.

Muitas pessoas me ajudaram durante o caminho, os alunos da Universidade de Lavras, em especial a Monna Lysa que me auxiliou durante toda a pesquisa com indicação de referências, orientação do uso de ferramentas, análise estatística, o uso do equipamento. Monna, você foi fundamental para que este trabalho desse certo. Karine que fez as análises de solo no laboratório, muito obrigada! E, Gian, estagiário do Ipê que foi para campo comigo fazer análises, o Sandro que também me apoiou em Nazaré Paulista e a Maria e o Luis que me ajudaram durante o campo de Joanópolis. Muito obrigada!

Todos os meus amigos foram fundamentais e me deram estímulo, mas deixei para o final aqueles que não me deixaram desistir: Andreia, Anita, Carolina, Daniel, Ennio, Flavia, Francly, Letícia, Mariana, Rafael e Thiago. Vocês foram um presente incrível que eu ganhei, nossas viagens, happy hour, conversas, trocas, tudo foi tão significativo que eu não consigo descrever a imensidão do carinho que eu sinto por vocês. A contribuição dada por vocês no meu aprendizado e evolução é gigantesca. Amo vocês e quero tê-los por perto pelo resto da minha vida. Como diria a professora Suzana: GRATIDÃO!

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	2
LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE ABREVIACÕES.....	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. PARTE EXPERIMENTAL, MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
2.1. Área de estudo.....	10
2.1.1. Detalhamento da análise da propriedade.....	12
2.2. Viabilidade Ambiental: serviços ecossistêmicos protegidos com o manejo.....	13
2.2.1. Estoque de carbono.....	13
2.2.2. Controle de erosão.....	15
2.3. Viabilidade econômica.....	17
2.3.1. Definição da cubagem das espécies plantadas.....	19
2.3.2. Custos e receitas dos sistemas produtivos.....	22
2.4. Jogo de tabuleiro: Enchendo a Bacia.....	23
2.5. Análise estatística.....	24
3. Resultados.....	24
3.1. Estoque de carbono.....	24
3.2. Taxa de infiltração básica.....	26
3.3. Viabilidade econômica.....	28
3.4. Jogo de tabuleiro.....	29
4. Discussão.....	31
5. Conclusão.....	38
REFERÊNCIAS.....	40
Anexos.....	45

## LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>página</u>
Tabela 1. Descrição geral das classes de solos que ocorrem nas propriedades do estudo .....	14
Tabela 2. Determinação da cubagem. $\Delta$ =número de indivíduos; Idade=ano para colheita; DAP=diâmetro na altura do peito; H=Altura; Total=Cubagem*Número de indivíduos.....	21
Tabela 3. Estoque de carbono (t) na camada superficial (10 cm).....	25
Tabela 4. Espécies plantadas nas propriedades .....	49
Tabela 5 Perfil de Investidor para Modelo Verena .....	50

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>página</u>
Figura 1. Sistema Cantareira no Estado de São Paulo .....	11
Figura 2. Ilustração do Infiltrômetro de Cornell. Fonte: (VAN ES e SCHINDELBECK, 2003. 8 p.) .....	16
Figura 3. Modelo de plantio.....	20
Figura 4. Estoque de carbono por classe de solo e manejo de pastagem (ton/hectare).....	25
Figura 5. Taxa de infiltração básica no Cambissolo .....	26
Figura 6. Taxa de infiltração básica no Argissolo .....	27
Figura 7. Taxa de infiltração básica no Neossolo.....	27
Figura 12. Tabuleiro Jogo Enchendo a Bacia .....	31
Figura 13. Estudo de melhora do solo Fonte: Ipê (2017) .....	33
Figura 14. Pluviosidade média histórica.....	45
Figura 15. Tipos de solo no Sistema Cantareira .....	46
Figura 16. Locais de análise - Propriedade Nazaré Paulista – SP .....	47
Figura 17. Locais de análise - Fazenda Santa Cruz, Joanópolis - SP .....	48
Figura 18. Locais de análise - Propriedade Cravorana – Piracaia-SP .....	49

## LISTA DE ABREVIATÖES

ANA – Agência Nacional das Águas

BR - Brasil

C - Carbono

CMPC – Custo Médio Ponderado de Capital

DAP – Diâmetro na altura do peito

Ds - Densidade

ECS – Estoque de Carbono do Solo

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPI – Equipamento de Proteção Individual

EUA – Estados Unidos da América

FAO – Food and Agriculture Organization

ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

PC – Pasto Contínuo

PR – Pastor Rotacionado

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SSPR – Sistemas Silvistoris com Pasto Rotacionado

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TIR – Taxa Interna de Retorno

VERENA - valorização Econômica do Reflorestamento com Espécies Nativas

VPL – Valor Presente Líquido

WRI – World Resources Institute

## RESUMO

Resumo do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

### A VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DE SISTEMAS SILVIPASTORIS EM PEQUENAS PROPRIEDADES NO SISTEMA CANTAREIRA, SP, BRASIL

Por

Gabriela Goulart Oliveira

Julho de 2020

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Uezu

O pasto rotacionado (PR) Voisin associado com plantio de madeira nativa oferece benefícios econômicos e ambientais como aumento da infiltração e estoque de carbono. Neste estudo, realizado em três propriedades do Sistema Cantareira (simulando 5 ha, 7,1 ha e 12,6 ha de área produtiva) e dois manejos do solo (rotacionado e contínuo), foram feitas coletas de solos nas profundidades 0-60 cm e análise de infiltração com uso do infiltrômetro de aspersão Cornell Sprinkle. Embora a taxa de infiltração seja mínima ( $< 5 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ), o PR recente ( $< 6$  anos) demonstrou maior taxa de infiltração básica, enquanto o estoque de carbono em duas propriedades foi menor no PR, contudo com valores maiores ou iguais na superfície indicaram alteração na matéria orgânica superficial no manejo recém implantado. O recente plantio de madeira nativa no PR, em duas propriedades, foi utilizado para comparação de um fluxo de caixa descontado para três sistemas de manejo (contínuo (PC), rotacionado (PR) e sistema silvipastoril com pasto rotacionado (SSPR)) utilizando os indicadores de Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL), os resultados indicaram que o SSPR tem vantagens significativas e torna-se um modelo atrativo de manejo. No entanto, o custo elevado desses sistemas exige incentivos econômicos e políticas públicas que estimulem o agricultor familiar a aderir a sistemas ecológicos produtivos.

## **ABSTRACT**

Abstract do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

### **ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL VIABILITY OF THE SILVOPASTORAL SYSTEMS IN SMALL PROPERTIES OF CANTAREIRA SYSTEMS**

By Gabriela Goulart Oliveira

July, 2020

Advisor: Prof. Dr. Alexandre Uezu

Rotating Grass (RG) Voisin associated with planting native wood offers economic and environmental benefits such as increased infiltration and carbon stock. In this study, applied on three properties of the Cantareira System (simulating 5 ha, 7.1 ha and 12.6 ha of productive area) and two land managements (rotated and conventional), soil samples were collected at depths 0-60 cm and infiltration analysis using the Cornell Sprinkle spray infiltrometer. Although the infiltration rate is minimal ( $<5 \text{ mm.h}^{-1}$ ), the recent PR ( $<6$  years) notes a higher basic infiltration rate, while the carbon stock in two properties was lower in the PR, however with higher or equal values on the surface indicated a change of organic matter in the previous implanted management. The recent planting of native wood in PR, in two properties, was used to compare a discounted cash flow for three management systems (conventional (CG), rotated (RG) and silvopastoral system with rotated pasture (SSRG)) using the indicators of Internal Rate of Return (IRR) and Net Present Value (NPV), the results indicated that the SSRG has significant advantages and becomes an attractive management model. However, the high cost of these systems requires economic incentives and public policies that encourage family farmers to adhere to productive ecological systems.

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por produtos agropecuários tende a dobrar até 2050, atualmente a pecuária contribui com 40% do valor global da produção agrícola e suporta os meios de subsistências e segurança alimentar de mais de 1,3 bilhões de pessoas (FAO, 2019).

Além disso, o setor pecuário exerce influência sobre o uso e ocupação do solo, tanto para a pastagem quanto para produção de culturas agrícolas utilizadas para alimentação/suplementação nutricional do gado (ROJAS - DOWNING et al., 2017).

O pasto contínuo é o modelo de pastagem predominante no mundo. BEETZ e RINEHART (2010) explicam que o sistema contínuo é representado pelo pastejo do rebanho sem restrições de espaço, não exige muita intervenção de mão de obra e sua manutenção é barata, o que justifica a escolha por este modelo.

Quando o gado pasteja livremente, ele se alimenta preferencialmente da vegetação mais palatável, andando por grandes extensões do terreno em busca desse tipo de alimento. Esse comportamento resulta em dois aspectos (BEETZ e RINEHART, 2010):

1. Compactação do solo devido ao peso do gado caminhando no terreno, o que remete ao enfraquecimento do solo, perda de vegetação e erosão;
2. Impedimento da rebrota da vegetação.

Além disso, é comum neste sistema, a dessedentação do gado em corpos hídricos como córregos e nascentes próximas ao pasto. O pisoteio do gado pode levar ao assoreamento desses ambientes aquáticos (VOISIN, sem data).

O cenário citado corrobora a narrativa de que a pastagem extensiva e sem manejo adequado está diretamente ligada a degradação dos recursos hídricos (CHARÁ et al., 2011), exigindo maior atenção referente ao manejo das pastagens, o qual segundo CARVALHO et al. (2005) tem como intuito criar ambientes pastoris que favoreçam a obtenção de nutrientes necessários ao gado e reduzam o impacto ambiental associado a atividade.

Um dos tipos de manejo que pode ser aplicado, é o pasto rotacionado, criado originalmente por André Voisin, em 1950: a área do pasto é subdividida em piquetes,

onde os gados permanecem por poucos dias, avançando sequencialmente para outro piquete, permitindo o rebrote das forrageiras (LENZI, 2003).

Além disso, o sistema rotacionado gera maior engorda do gado e conseqüentemente maior produção, o que o torna mais lucrativo, segundo VOISIN (sem data).

Ademais, considerando que a principal causa da degradação do solo é a erosão hídrica<sup>1</sup> fica evidente que favorecer o crescimento da vegetação forrageira e reduzir a compactação do solo exposto significa um avanço na conservação do solo e dos recursos hídricos (LIMA et al., 2013).

O manejo rotacionado favorece a proteção de serviços ecossistêmicos<sup>2</sup> e gera benefícios econômicos conforme observado em algumas práticas em países como Colômbia (CHARÁ et al., 2011) e Costa Rica (MONTAGININI e FINNEY, 2011), tais como:

- Econômicos: redução de gastos com veterinários, diminuição de parasitas, menor gasto com fertilizantes, aumento do peso do gado, melhoria na qualidade vida do gado, melhoria na dieta nutricional, redução de gastos com suplementos alimentares;
- Serviços ecossistêmicos protegidos: aparecimento de aves e metazoos, maior umidade relativa no microclima, aumento do estoque de carbono no solo e na vegetação, controle de erosão, proteção dos corpos hídricos etc.

Contudo, o pasto rotacionado exige um investimento inicial e necessidade de intervenções semanais e segundo BEETZ e RINEHART (2010) o modelo não é lucrativo para o pequeno produtor.

Adicionalmente, conforme aponta os resultados de YOKOHAMA et al. (1999) e HERRERO et al. (2010) e de acordo com o observado em CHARÁ et al. (2011), o lucro

---

<sup>1</sup> Advinda da redução da cobertura florestal, manejo inadequado do solo e ausência de práticas conservacionistas, ocasionadas e intensificadas especialmente pela ampliação da agropecuária

<sup>2</sup> O ecossistema possui funções ecológica que oferecem organicidade e resiliência a processos naturais e garantem a existência de vida e sobrevivência das espécies viventes. Essa dinâmica disponibiliza recursos e condições essenciais à vida humana, tais como alimentos, polinização, regulação climática, água, matéria-prima, entre outros. Os benefícios adquiridos dessas funções ecológicas são denominados **serviços ecossistêmicos** (CONSTANZA et al., 1997).

da pecuária manejada é mais interessante quando consorciado com outra cultura de produção, como exemplo, a silvicultura.

A silvicultura associada a pecuária é uma estratégia produtiva e CHARÁ et al. (2011) e MONTAGININI e FINNEY (2011) afirmam que o sucesso de sistemas silvipastoris é garantido, mas dependem de incentivos econômicos estabelecidos em forma de pagamentos por serviços ambientais<sup>3</sup> ou incentivos financeiros governamentais. Esses instrumentos são fundamentais para engajar os produtores e estimulá-los a iniciar e continuar a implantação dos sistemas silvipastoris.

Dados os benefícios supracitados do manejo rotacionado de pastagens e o sistema silvipastoril, alguns produtores do Sistema Cantareira decidiram testar a implantação da pastagem rotacionada e silvicultura (com nativas) em suas propriedades.

O Cantareira é um dos mais importantes sistemas de captação e tratamento de água do país, pois abastece milhões de pessoas da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), principal centro financeiro, corporativo e mercantil da América do Sul. Para este fim, o sistema utiliza 33 m<sup>3</sup>/s de água, atendendo 46% da população da RMSP com um volume útil de 973,9 bilhões de litros (ANA - Agência Nacional das Águas, 2019).

Um sistema dessa magnitude é ocupado predominantemente por áreas antrópicas (61,6%) caracterizadas por pequenas propriedades, sendo que 46% das áreas são usadas para pastagens sem manejo adequado, degradantes ao solo, com baixa produtividade e causadoras de elevado impacto ambiental (UEZU et al., 2017).

O território que conta com apenas 35,4% de vegetação nativa remanescente sofre diariamente com a especulação imobiliária para a construção de residências, condomínios e empresas (SEIXAS et al., 2012), tornando-se uma agravante ambiental para uma área tão importante para RMSP.

Sinalizada a importância deste território e a demanda pela conservação do solo e dos recursos hídricos do Cantareira, este estudo busca responder se a mudança no manejo

---

<sup>3</sup> Serviços ambientais são benefícios ambientais provenientes de ações de manejo do homem nos sistemas naturais ou agroecossistemas, por exemplo, pastagem com manejo, manutenção da mata ciliar, recuperação de áreas degradadas etc. (HUETING et al., 1998). Pagamento por Serviços Ambientais é um incentivo econômico ao prestador por proteger e restaurar serviços ecossistêmicos geradores de benefícios comuns a sociedade (SIERRA e RUSSMAN, 2005).

do pasto proporciona um aumento na proteção de serviços ecossistêmicos, especificamente estoque de carbono e infiltração no solo, se investir em uma mudança de manejo é interessante economicamente para o pequeno produtor e qual manejo é mais atrativo e viável financeira e ambientalmente.

Dessa maneira, a pesquisa se propôs em identificar e comparar os estoques de carbono nos pastos rotacionado e contínuo, bem como avaliar a taxa de infiltração nesses ambientes, propondo compreender se a mudança no manejo do pasto influencia na concentração de carbono no solo e no comportamento da infiltração e escoamento superficial, com a hipótese de que a pastagem rotacionada compreende maior infiltração e maior estoque de carbono no solo.

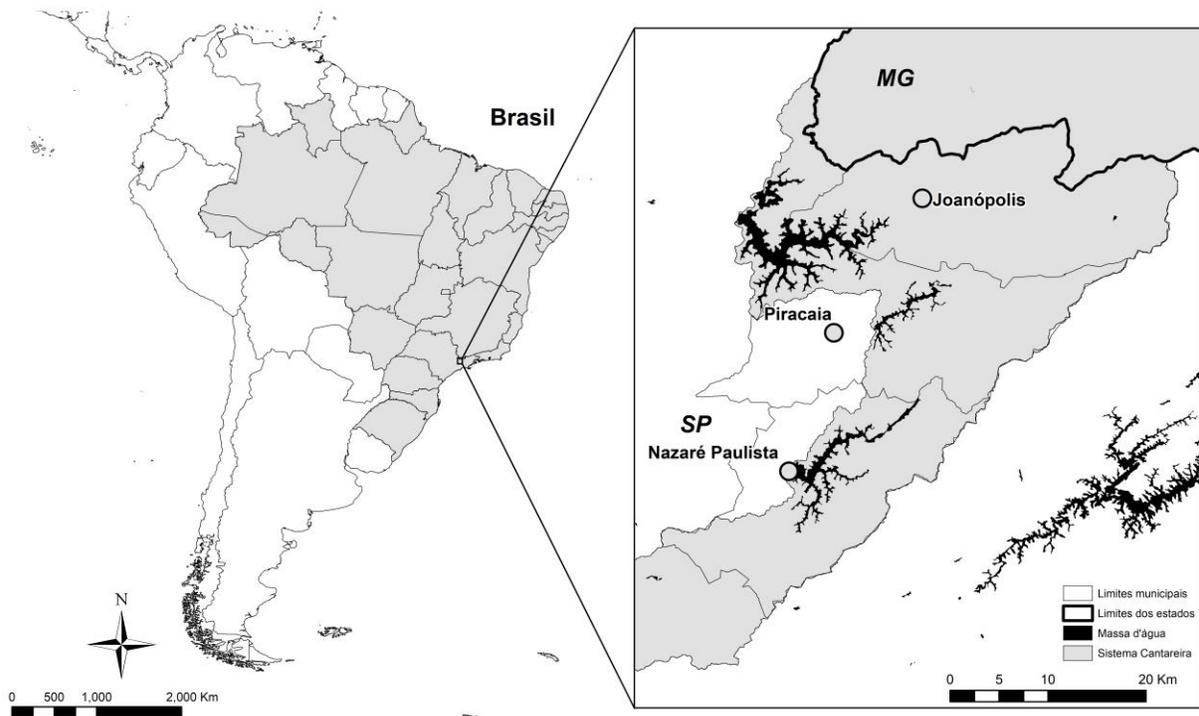
E, por meio de um fluxo de caixa descontado elaborados para três tipos de manejo (pasto contínuo, pasto rotacionado e sistema silvipastoril com pastagem rotacionada) comparou-se os resultados para indicar qual modelo é mais atrativo, acreditando-se que o sistema silvipastoril apresenta resultado mais vantajoso que os demais manejos. Além disso, como forma de tornar mais acessível a linguagem deste trabalho, foi desenvolvido um material de comunicação simples e acessível para pequenos produtores rurais identificarem as vantagens e desvantagens de melhorar sistemas de manejo em suas propriedades materializado em um jogo de tabuleiro.

## **2. PARTE EXPERIMENTAL, MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

As propriedades estudadas nessa pesquisa situam-se em Nazaré Paulista, Piracaia e Joanópolis, municípios pertencentes ao Sistema Cantareira.

O Sistema Cantareira está localizado no Estado de São Paulo e Minas Gerais (Figura 1), composto por cinco reservatórios localizados nas bacias hidrográficas de Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juqueri, sendo que os quatro primeiros estão localizados nas cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Piracicaba e o último na bacia do Alto Tietê (UEZU et al., 2017).



**Figura 1. Sistema Cantareira no Estado de São Paulo**

Fonte: Elaborado pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas

A região possui variação de altitude, entre 745 e 2.038 m, e de declividade, 0 a 66 graus, refletindo em um relevo formado por vales cortados por rios (<5 graus) e contornado por morros e montanhas (>30 graus) que possuem inclinação impulsionadora do escoamento superficial das águas da chuva (UEZU et al., 2017).

A intensidade do escoamento fragiliza o solo devido a processos erosivos mais intensos e adicionalmente eleva a taxa de assoreamento de rios e outros corpos hídricos (UEZU et al., 2017).

De acordo com ALVARES et al. (2014) e ROLIM et al. (2007), o clima do Sistema Cantareira é classificado como Cwb, caracterizado por um clima subtropical marcado pela sazonalidade com inverno seco e verões quentes e úmidos com temperaturas que variam de 18 °C a 20 °C e a pluviosidade média anual do Sistema Cantareira é de 1.400 mm (SABESP, 2020).

O gráfico no anexo 1 demonstra a pluviosidade média de julho de 2015 a julho de 2020 e exemplifica a sazonalidade de chuvas entre as estações de verão (setembro a março) e inverno (abril a agosto).

Diferentemente de outras regiões do Brasil, a pecuária na Mata Atlântica situa-se especialmente em pequenas propriedades (INCRA, 2013), e as propriedades do Sistema Cantareira tem como atividade socioeconômica predominante a pecuária e o eucalipto (RICHARDS et al., 2020; UEZU et al., 2017), sendo que o segundo desempenha papel de atividade de renda complementar (RICHARDS et al., 2020).

### **2.1.1. Detalhamento da análise da propriedade**

Entre as propriedades analisadas, há uma propriedade em Nazaré Paulista e as fazendas Santa Cruz em Joanópolis e Cravorana em Piracaia, todas no Estado de São Paulo.

As três aplicam dois tratamentos de pastagem<sup>4</sup> (contínua e rotacionada) e foram utilizadas, neste estudo, para simular uma pequena propriedade com menos de quatro módulos fiscais<sup>5</sup> (módulo fiscal em Nazaré Paulista é de 16 hectare e nos outros dois municípios é de e 24 hectares (INCRA, 2013)).

O tamanho das áreas simuladas foi de respectivamente 5 hectares (Nazaré Paulista), 7,1 hectares (Santa Cruz) e 12,6 hectares (Cravorana). Esses valores representam o tamanho de área do pasto rotacionado, sendo utilizado como referência.

---

<sup>4</sup> O período de instalação do manejo rotacionado foi estabelecido em momentos diferentes, sendo que Nazaré Paulista ocorre desde 2014, na Cravorana desde 2014 e na Santa Cruz, desde 2016.

<sup>5</sup> Módulo fiscal é um conceito incorporado pela Lei 6.746 / 1979, o qual alterou o Estatuto da Terra (Lei 4.504 / 1964) e regula os direitos e deveres do proprietário em relação ao imóvel rural, representa uma unidade de medida, em hectares, com valor firmado pelo INCRA para cada município. A definição do módulo fiscal é feita conforme o tipo de atividade econômica do município (hortifrutigranjeira, pecuária, floresta etc); a renda obtida com essas atividades; outros tipos de exploração não predominante; e a opção de agricultura familiar ou empreendedor rural familiar, a qual não deve deter área maior que 4 módulos fiscais (Lei 11.326 / 2006) (EMBRAPA, s.d.).

Em todas as propriedades foram coletadas amostras de solo indeformadas e deformadas em quatro profundidades em dois tratamentos de pastagem – contínuo e rotacionado – para a quantificação do estoque de carbono.

Ainda, foi realizada a análise de infiltração de água no solo com o uso do infiltrômetro de aspersão de Cornell para determinação da taxa de infiltração básica.

Para a realidade das duas propriedades, as quais possuem plantio recente de vegetação nativa foram reproduzidos dois modelos de produção em três tipos de manejo: Pasto Contínuo (PC), Pasto Rotacionado (PR) e Sistemas Silvopastoris com Pasto Rotacionado (SSPR).

## **2.2. Viabilidade Ambiental: serviços ecossistêmicos protegidos com o manejo**

Os serviços ecossistêmicos analisados neste estudo foram estoque de carbono e infiltração no solo.

### **2.2.1. Estoque de carbono**

Os solos predominantes na região são Latossolos, Argissolos e Cambissolos (UEZU et al., 2017 – Figura – Anexo 2). Entretanto, as amostras de solo das propriedades estudadas apontaram a ocorrência das seguintes classes de solo:

**Tabela 1. Descrição geral das classes de solos que ocorrem nas propriedades do estudo**

<b>Propriedade</b>	<b>Classe de Solo</b>	<b>Descrição</b>
Nazaré Paulista	Cambissolo Háplico	<p>Essa classe possui características distintas de um local para outro devido a heterogeneidade do material de origem, do relevo e das condições climáticas configurando solos desde fortes a imperfeitamente drenados, pouco ou muito espesso, rasos ou profundos e podem possuir cores bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura e de baixa a alta saturação advindas da base e atividades químicas da argila. O Cambissolo possui um horizonte B incipiente formado por textura franco-arenosa, franco-argilosa ou franco-arenosa-argilosa, geralmente com teores uniformes de argila.</p>
Santa Cruz	Neossolo Regolítico	<p>Devido à baixa intensidade dos processos pedogenéticos possivelmente derivados de fatores de formação como clima, relevo e tempo ou de características intrínsecas do material de origem, esse tipo de solo sofre impedimento ou restrição de evolução resultando em material orgânico ou mineral com pouca espessura e sem mudanças expressivas em relação ao produto originário.</p>
Cravorana	Argissolo Vermelho Amarelo	<p>Essa classe de solo apresenta um elevado incremento de argila no horizonte B Textural (Bt), um diferencial em relação a outras classes. Os Argissolos podem apresentar profundidades variadas com drenagens que podem ser desde compactas a imperfeitas, a textura tem predominância de argila e areia e a cor pode variar entre vermelha e amarela, raramente apresentando cores acinzentadas. Caracteriza-se por ter de forte a moderada acidez.</p>

Fonte: Santos (2018)

Além desses dados também foram analisados em laboratório a textura de cada classe de solo nos horizontes A e B, nas três propriedades.

Para determinação da densidade do solo, foram coletados 04 anéis volumétricos, de aproximadamente 80 cm<sup>3</sup>, com auxílio de um coletor de amostras indeformadas tipo *Uhland*. As camadas avaliadas foram 0-10 cm; 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm. Totalizando 32 anéis coletados por tipo de pasto (contínuo e rotacionado).

Para determinação do carbono orgânico do solo, nas mesmas camadas citadas anteriormente, foram coletadas amostras de solo compostas para análises laboratoriais<sup>6</sup>.

Segundo WALKLEY e BLACK (1934), os estoques de carbono (ECS) aprisionados no solo podem ser quantificados por um sistema de interpolação dos horizontes do solo em camadas, somando os estoques de cada camada de solo, com valores médios do carbono e densidade do solo da mesma camada. O ECS de cada camada é o produto do teor de C do solo (C, g kg<sup>-1</sup>) pela densidade do solo (Ds, g cm<sup>-3</sup>).

$$ECS = (C \times Ds \times p)/10$$

em que ECS = estoque de carbono do solo (t ha<sup>-1</sup>); C = teor de carbono (g Kg<sup>-1</sup>); Ds = densidade do solo (g.cm<sup>-3</sup>); p = profundidade da camada do solo (cm).

### 2.2.2. Controle de erosão

Para inferir sobre o controle de erosão foi utilizado o infiltrômetro de Cornell (Figura 2) que representa um reservatório de 20,6 litros, possuindo na parte inferior 69 microtúbulos de 0,063 cm de diâmetro e 19 cm de comprimento, essa estrutura é acoplada sobre um cilindro com 24 cm de diâmetro e encravado no solo (VAN ES e SCHINDELBECK, 2003).

Em parcelas no pasto rotacionado e no contínuo, nas três áreas de estudo, foram utilizados para delineamento experimental, três repetições com taxa de aplicação de 20

---

<sup>6</sup> Os dados resultantes do campo e os dados e cálculos realizados para a obtenção do estoque de carbono seguem anexados ao trabalho.

cm, considerando os métodos de infiltração mais escoamento versus o sistema de manejo do solo.

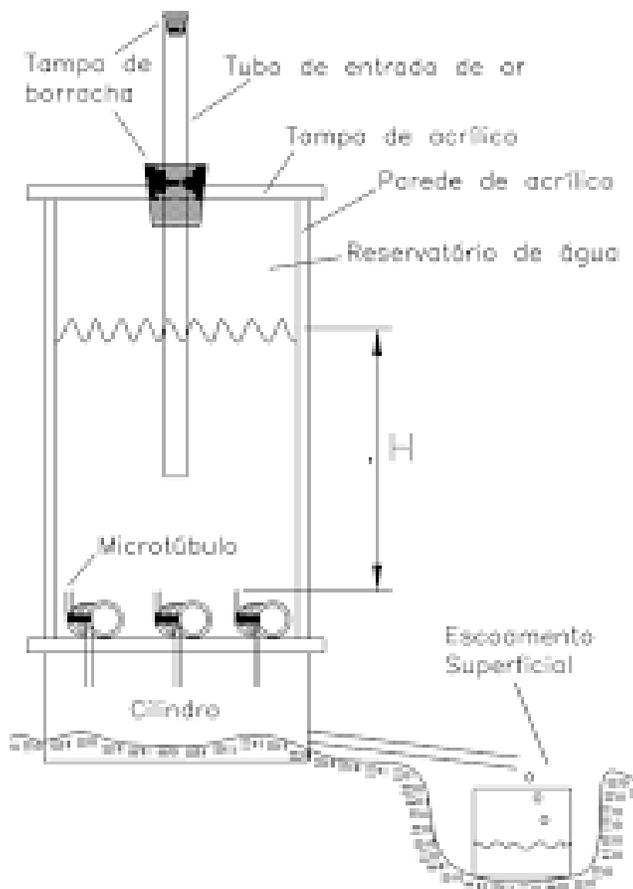


Figura 2. Ilustração do Infiltrômetro de Cornell. Fonte: (VAN ES e SCHINDELBECK, 2003. 8 p.)

Foram coletados, a cada 03 minutos, dados referentes a aplicação de água medidos pela redução de água no reservatório (em cm) e a taxa de escoamento superficial adquirida após saturação do solo. O teste foi realizado até que houvesse a estabilização da infiltração de água no solo (quando a diferença da leitura no tempo e o escoamento atingiam três valores consecutivos iguais) ou ao completar 60 minutos ou quando o limite da água emparelhava com a taxa de aplicação, conforme orientado por VAN ES (sem data).

Para tratamento dos dados coletados em campo, a calibração da intensidade da precipitação simulada pelo infiltrômetro foi dada pela equação (VAN ES, sem data):

$$R=(H1-H2)/Tf$$

onde, R = intensidade da precipitação; H1 = leitura inicial do volume de água na régua do infiltrômetro; H2 = leitura final do volume de água na régua do infiltrômetro; e Tf = tempo realizado entre uma leitura e outra.

Para definição do escoamento superficial foi realizada a seguinte equação (VAN ES., sem data):

$$ROT=Vt/(457,3*t)$$

onde, ROT (cm min<sup>-1</sup>) = escoamento superficial; t (min) = intervalo de tempo entre as coletas de água escoada; Vt (cm<sup>3</sup>) = volume de água escoada; e 457,3 (cm<sup>2</sup>) = área do reservatório.

A taxa de infiltração (It) foi determinada pela diferença entre intensidade da precipitação e a taxa de escoamento superficial, estabelecida pela equação:

$$It=R-ROT$$

Identificada a taxa de infiltração foi estabelecida a infiltração acumulada, e para o ajuste da curva de infiltração no tempo foi realizado o modelo matemático proposto por Kostiakov determinado pela equação (PARHI, 2007):

$$I=n*t^a$$

onde, I (cm) = infiltração acumulada; n = constante dependente do solo; t (min) = tempo de infiltração; e a = constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

### **2.3. Viabilidade econômica**

Um estudo de viabilidade econômico–financeiro de projetos visa identificar a exequibilidade de um projeto. Essa ferramenta busca prever ou antecipar riscos e oportunidades, traçando os cenários positivos e negativos do projeto avaliado.

Em um estudo de viabilidade econômica são realizadas análises de mercado, fluxos de caixa, capital de giro, técnicas de análise (payback simples, payback descontado, etc),

custo do capital próprio, custo de capital médio ponderado, análise do risco econômico-financeiro em projetos (REGO, 2015).

Como as propriedades Santa Cruz e Cravorana já possuem um mercado estabelecido e implantaram SSPR será realizada a análise econômica das duas propriedades comparando três manejos: PC, PR e SSPR com dois modelos de produção (1. Compra de vaca e venda dos bezerros e 2. Compra de bezerra e venda da novilha).

Apesar do plantio realizado ter o intuito de prover sombra e alimentação para o gado, foi feita simulação do corte e verificação da viabilidade econômica, caso o produtor optasse pelo plantio de nativas para produção de madeira. A propriedade de Nazaré-Paulista apenas passou pela análise de estoque de carbono e controle de erosão dos dois tipos de pastagem.

Para entendimento dos investimentos e retornos associados ao sistema silvipastoril foi realizada adaptação da ferramenta de Valoração Econômica do Reflorestamento com Espécies Nativas, projeto Verena do *World Resources Institute* – WRI. Essa ferramenta de fluxo descontado consiste em um modelo econômico que possibilita transformar investimentos com retornos ajustados ao risco em projetos comerciais de restauração e reflorestamento traduzidos por parâmetros como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o payback do período (BATISTA et al., 2017).

O modelo funciona a partir da inserção de dados quantitativos, os quais foram obtidos por entrevista com os administradores das propriedades e pesquisas de valores encontrados em referências bibliográficas e sites oficiais (Instituto de Economia Agrícola, Embrapa etc). O cenário simulado no sistema foi de 42 anos (considerando o período ideal de corte das espécies nativas plantadas).

O item que alimenta os indicadores do modelo e define o fluxo de caixa descontado e as taxas mínimas de atratividade é o perfil de investidor determinado pelo Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC). O CMPC é um medidor de retornos do investimento, ou seja, quanto está valendo o capital de uma empresa/projeto/negócio.

Há na planilha quatro perfis de investidores com taxas mínimas de atratividade (taxa de desconto) real de 7,25% a 15%. Entretanto, os dados que alimentam o CMPC foram considerados altos para esse tipo de atividade, portanto foi estruturado um perfil de investidor. O CMPC pode ser calculado por (CAVALCANTE, sem data):

$$\text{CMPC} = \text{RLR} + \beta \times (\text{RM} - \text{RLR}) - \text{inflação/EUA} + \text{risco/BR}$$

onde, RLR = taxa de retorno livre de risco, RM-RLR = prêmio de risco da carteira de mercado; e  $\beta$  = coeficiente beta, o qual mensura a sensibilidade de um ativo em relação as variações do mercado.

A sensibilidade à variação é inversamente proporcional a proximidade do coeficiente a zero. Esse coeficiente pode ser calculado pela equação (DAMODARAN, 2019):

$$\beta = \Delta Ra / \Delta Rm$$

onde,  $\Delta Ra$  = variação no valor do ativo ou título; e  $\Delta Rm$  = variação do índice no mercado

O valor de beta varia conforme a indústria trabalhada. Para este trabalho foi selecionada a indústria *Farming/Agriculture* dos índices previstos por Damodaran - 2019. Outros valores com taxas de risco foram trazidos do Damodaran.

As taxas de inflação nacional e dos EUA e as taxas de risco de crédito foram assumidos os valores indicados pela VERENA, resultando em um perfil próprio (Anexo 5) para avaliação da viabilidade econômica deste projeto. Todos os valores de *input* da planilha utilizaram informações para o ano de 2020.

Outro parâmetro importante na definição final do fluxo de caixa é a Taxa Interna de Retorno (TIR). O modelo VERENA determina a TIR por meio dos dados de entrada, saída e a partir da taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade gerada pelo VERENA automaticamente no CMPC e solicita uma TIR desejada.

Para essa simulação foi estabelecido uma taxa interna de retorno desejada de 10% padrão assumida por ser maior que a taxa mínima de atratividade real de 7,95%.

A partir da alimentação da planilha com os dados de custo, receita e as taxas, o sistema Verena gera um relatório final com o fluxo de caixa e a análise de sensibilidade. Neste estudo os indicadores VPL e TIR serão utilizados para comparar os três manejos nos dois modelos de produção.

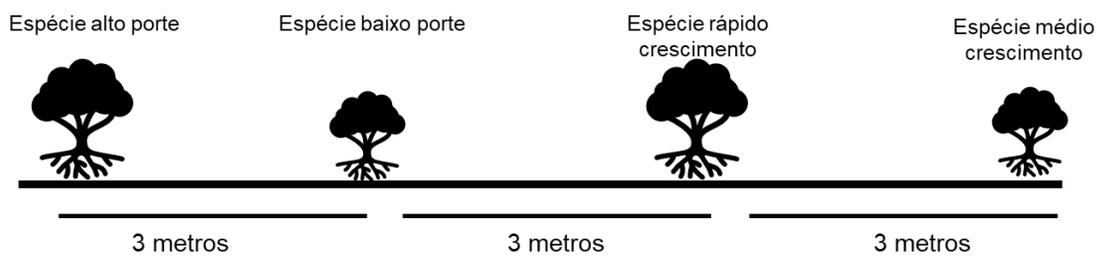
### **2.3.1. Definição da cubagem das espécies plantadas**

As áreas de estudo apresentam os modelos de PC e PR e recentemente, as propriedades Santa Cruz e Cravorana realizaram o plantio de espécies nativas,

frutíferas e madeiras (Tabela – Anexo 4), nas áreas de pasto manejado, ingressando para a formação de um sistema silvipastoril com pastejo rotacionado (SSPR).

Na Santa Cruz foram plantados 0,57 hectare e, na Cravorana, 0,68 hectare. O modelo de plantio foi feito por meio de linha simples com três metros entre as plantas intercalando espécies de alto porte com espécies de baixo porte e/ou espécies de médio crescimento com espécies de rápido crescimento (Figura 3).

Esse modelo é justificado para que não haja a necessidade de desbaste. Os desbastes podem ocorrer caso o proprietário precise para algum uso da madeira (mourões, venda etc), uma vez que o modelo permite que embora tirando algumas árvores seja mantido algum nível de sombreamento e o Sistema Silvipastoril continue sendo efetivo.



**Figura 3. Modelo de plantio**

A alimentação do sistema VERENA referente às espécies de madeira ou leguminosas demanda um valor de custo e receita por m<sup>3</sup> (R\$/m<sup>3</sup>) no momento do corte. Contudo, o plantio nas duas propriedades (Santa Cruz e Cravorana) são recentes e inviável de compreender a altura ou o DAP e diâmetro do topo, informações necessárias para conceber a cubagem final e estabelecer o valor da madeira (OLIVEIRA et al., 2011).

Para realizar uma projeção do valor da madeira em 42 anos foram assumidos DAP e altura encontrados em SILVA (2013) e FILHO e SARTORELLI (2015) e a cubagem foi definida pela equação de m<sup>3</sup> por sortimento (OLIVEIRA et al., 2011):

$$V=ff*DAP^2*H$$

onde, ff = fator de forma, foi assumido como 0,65 para mata nativa, recomendado como valor conservador em entrevista com Renato de Jesus, Diretor Técnico na Verde & Água Soluções Sustentáveis; DAP = diâmetro na altura do peito médio(m); H = altura(m)

O valor final da cubagem foi multiplicado pelo número de indivíduos, é sabido que esse valor é apenas uma estimativa, pois há muitas variáveis que podem afetar no crescimento ou manutenção das espécies. A tabela a seguir apresenta o valor final que foi utilizado para determinação dos valores financeiros.

**Tabela 2. Determinação da cubagem.  $\Delta$ =número de indivíduos; Idade=ano para colheita; DAP=diâmetro na altura do peito; H=Altura; Total=Cubagem\*Número de indivíduos**

Espécie	$\Delta$	Idade	DAP(m)	H(m)	Cubagem(m <sup>3</sup> )	Total(m <sup>3</sup> )
<i>Albizia hasslerii</i>	60	40	0,2247	20,07	0,658668469	39,52011
<i>Anadenanthera colubrina</i>	64	40	0,2247	20,07	0,658668469	42,15478
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	64	40	0,2247	20,07	0,658668469	42,15478
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	53					
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	60		0		0	
<i>Cariniana legalis</i>	53	40	0,23	17,45	0,60001825	31,80097
<i>Enterobilum contortisiliquum</i>	60	40	0,2415	16,93	0,6418072	38,50843
<i>Eugenia uniflora</i>	53					
<i>Eugenia uvalha</i>	53					
<i>Genipa americana</i>	64					
<i>Guazuma ulmifolia</i>	60	40	0,306	25	1,521585	91,2951
<i>Handroanthus Impetiginosus</i>	53	40	0,2345	17,23	0,615863305	32,64076
<i>Handroanthus roseoalba</i>	50	40	0,2345	17,23	0,615863305	30,79317
<i>Inga edulis</i>	60				0	
<i>Inga uroguensis</i>	60				0	
<i>Machaerium paraguariense</i>	64					
<i>Parapiptadenia rígida</i>	64	40	0,393225	30	3,015205062	192,9731
<i>Peltophorum dubium</i>	60	40	0,2541	20,68	0,86790706	52,07442
<i>Psidium cattleianun</i>	53					
<i>Psidium myrtoides</i>	53					

<i>Pterogyne nitens</i>	64	40	0,393225	25	2,512670885	160,8109
<i>Schizolobium parahyba</i>	60	40	0,51	30	5,07195	304,317

Para determinar o R\$/m<sup>3</sup> foram considerados os valores estimados para venda de madeira nativa em pé aplicado em um projeto do Instituto de Pesquisas Ecológicas realizado em Lindoia (UEZU et al., 2017a) e comparados com os valores de venda sinalizados pelo Centro de Inteligência Florestal.

### 2.3.2. Custos e receitas dos sistemas produtivos

A implantação de um SSPR ou apenas do pasto rotacionado exige um investimento inicial para garantir a introdução dos modelos, por exemplo, matéria-prima para cerca, mão-de-obra para plantio, mão-de-obra para execução da cerca. Além disso, o manejo do pasto requer cuidados diferenciados para a garantia do manejo como o deslocamento do gado em piquetes.

Todos os custos operacionais, administrativos e de sistemas foram solicitados para os administradores das duas propriedades (Tabela “Custos Econômicos” anexada).

Há custos gerais como administração, gastos com EPI que são custos gerais para toda a propriedade. Assim para a tabela de custos, o PC teve custos operacionais e administrativos básicos apontados pelos gestores, o PR levou em consideração o investimento inicial para construção dos piquetes somados a mão de obra adicional e SSPR considerou todo valor do PR mais o investimento realizado para cercamento do plantio com objetivo de afastamento do gado.

Para a inserção dos dados foram estabelecidas algumas premissas (anexo):

1. Unidade animal: peso que determina a capacidade suporte do gado no pasto, sendo o padrão nacional de 450 Kg<sup>7</sup> (MILKPOINT, 2020).
2. A partir das informações concedidas pelos administradores referente a quantidade de gado em cada pastagem, seu peso e área que ocupa foi possível

<sup>7</sup> As espécies de gado trabalhadas foram Nelore-Guzerá para Santa Cruz e Simental para a Cravorana.

determinar o peso total por modelo de pastagem, a unidade animal de cada pasto e densidade (unidade animal/hectare).

3. No pasto rotacionado, nas duas propriedades, os proprietários concentraram novilhas, o que mesmo com a simulação por unidade animal pode afetar no resultado, então foi estabelecido dois modelos de produção: 1. Compra de vacas e venda de bezerras e 2. Criação de bezerras e venda das novilhas.
4. A compra e venda dos animais considerou o preço indicado pelo proprietário sobre o peso vivo.

#### **2.4. Jogo de tabuleiro: Enchendo a Bacia**

O ato de jogar supõe uma ação, uma dinâmica própria, na qual o jogador apresenta mudanças em relação ao seu comportamento, aos seus sentimentos, à sua aprendizagem. Assim, o jogo instiga a predisposição em aprender. Ao criar situações de desafio e aprendizagem, adaptam-se soluções às necessidades e aos estilos das gerações atual e futuras (SANTOS e JUNIOR, 2016). Como descrito por VIANNA et al. (2013), gamificação pode ser definida como:

A gamificação (do original em inglês *gamification*) corresponde ao uso de mecanismos de jogos orientados ao objetivo de resolver problemas práticos ou de despertar engajamento entre um público específico. Com frequência cada vez maior, esse conjunto de técnicas tem sido aplicado por empresas e entidades de diversos segmentos como alternativas às abordagens tradicionais, sobretudo no que se refere a encorajar pessoas a adotarem determinados comportamentos, a familiarizarem-se com novas tecnologias, a agilizar seus processos de aprendizado ou de treinamento e a tornar mais agradáveis tarefas consideradas tediosas ou repetitivas.

Para tornar a linguagem deste trabalho mais acessível a todos os públicos, foi proposto um jogo que tivesse como intuito demonstrar as ações e manejo de uma propriedade para manutenção dos recursos hídricos.

O jogo foi elaborado em versões que foram testadas com grupos de voluntários dentro da empresa onde a autora o construiu e com pessoas de comunidades atendidas por

essa empresa. Três versões foram propostas até compreender a versão final do método.

Após finalização do método uma empresa de ilustração foi contratada e após algumas revisões foi elaborada a versão final ilustrada do jogo.

## **2.5. Análise estatística**

Foi feita a comparação das médias do estoque de carbono por tipo de solo e manejo de pastagem, utilizando o software *The R Project for Statistical Computing*.

Para estoque de carbono realizou-se o teste T das médias com o objetivo de testar as hipóteses nulas a serem testadas é a de que não há variação de estoque de carbono entre os tipos de manejo.

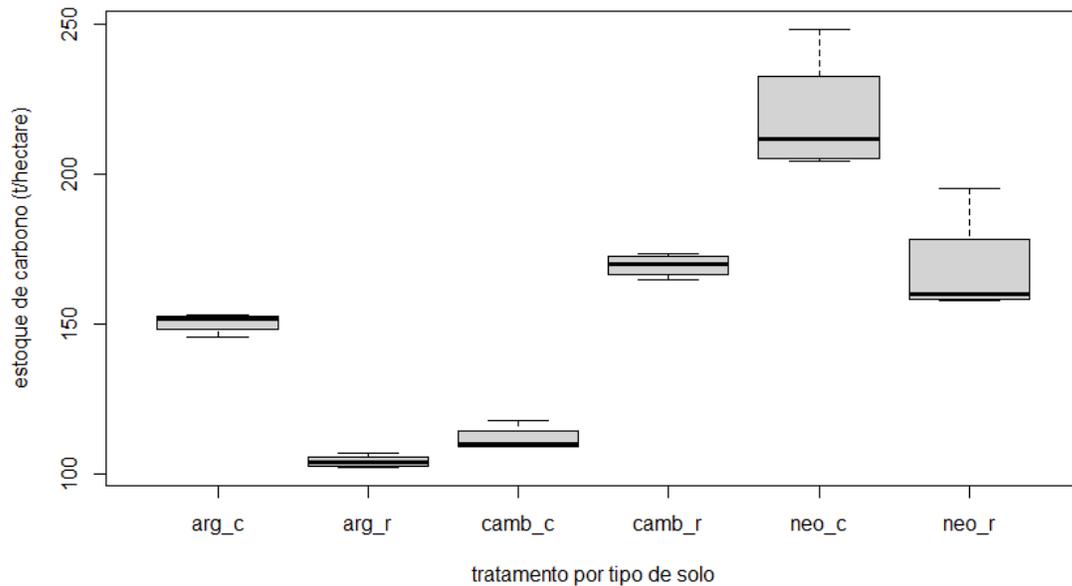
A taxa de infiltração básica é identificada pelo comportamento das curvas de infiltração determinadas pelo modelo matemático de Kostiakov. Para infiltração e escoamento foram comparadas as taxas entre as diferentes classes de solo e manejo de pastagem.

## **3. Resultados**

### **3.1. Estoque de carbono**

O estoque de carbono, na camada de 0-60 cm, nas três propriedades (representando diferentes classes de solo) e nos dois manejos (contínuo e rotacionado) atingiu resultados diferentes por manejo ( $t = 0.68179$ ,  $df = 4$ ,  $p\text{-value} = 0.5328$  a partir da verificação de homogeneidade de variância por Bartlett's K-squared =  $0.34297$ ,  $df = 1$ ,  $p\text{-value} = 0.5581$ ) (Figura 4).

No Cambissolo, o PR apresentou média de  $169,5 \text{ ton C ha}^{-1}$  superior ao PC com média de  $111,5 \text{ ton C ha}^{-1}$ . No Argissolo e Neossolo, os valores de estoque de carbono no PC foram maiores que no PR com valores médios para PC de  $150,4 \text{ ton C ha}^{-1}$  (Argissolo) e  $219,2 \text{ ton C ha}^{-1}$  (Neossolo) e no PR  $104,1 \text{ ton C ha}^{-1}$  e  $168,3 \text{ ton C ha}^{-1}$  respectivamente.



**Figura 4. Estoque de carbono por classe de solo e manejo de pastagem (ton/hectare)**

Todavia quando analisado o solo nas camadas superficiais (10 cm), o estoque de carbono se apresenta maior no manejo rotacionado na propriedade de Nazaré e na Cravorana (cambissolo e argissolo) e praticamente o mesmo na Santa Cruz (nessolo), onde a implantação do manejo é mais recente (Tabela 3).

**Tabela 3. Estoque de carbono (t) na camada superficial (10 cm)**

Manejo	Arg	Média	Cambissolo	Média	Neossolo	Média
c	13,30252	13,8	14,6064813 9	14,2	20,6678862	20,5
c	13,04204		13,3287883 8		21,5012933 9	
c	13,51099		14,0050579		19,9374911	
c	15,1533		14,8121995 5		20,0165712 5	
r	16,69895	17,5	15,0252491 4	16,3	18,9950726 8	20,4
r	18,75744		15,5727688 3		19,8463971 8	
r	18,10978		16,8083188 3		21,7430184 3	
r	16,59169		17,9457602 4		21,1070251 5	

### 3.2. Taxa de infiltração básica

A infiltração possui um comportamento de redução a partir da saturação do solo (CARVALHO et al., 1999). Em todas as classes de solo, o tempo de saturação foi superior no pasto rotacionado indicando uma capacidade de infiltração maior que no pasto contínuo e, portanto, uma maior infiltração. Ressalta-se que no Cambissolo no tratamento rotacionado não houve escoamento em nenhuma das repetições, indicando uma possível redução do processo erosivo para esta classe de solo nas condições de uso atual. A seguir os resultados para as três classes de solo são demonstrados:

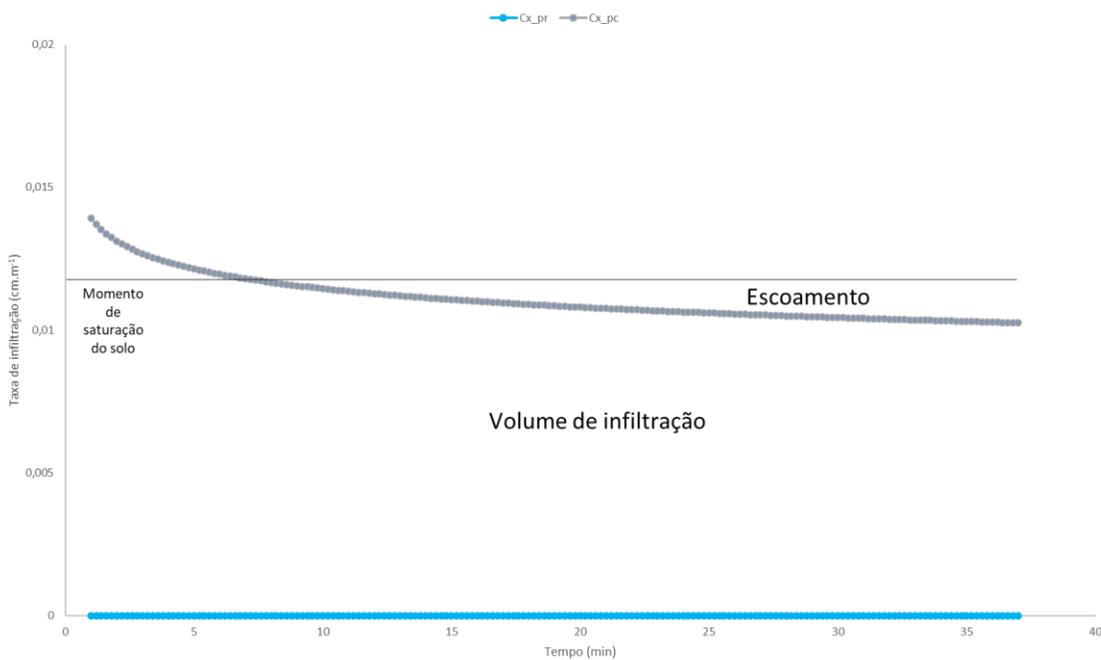


Figura 5. Taxa de infiltração básica no Cambissolo

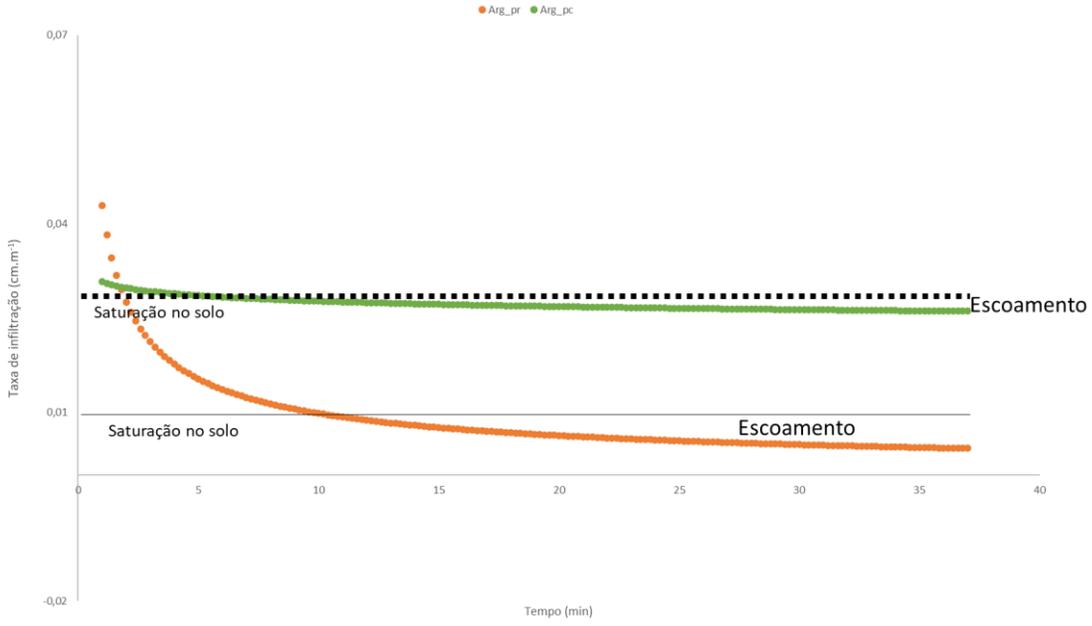


Figura 6. Taxa de infiltração básica no Argissolo

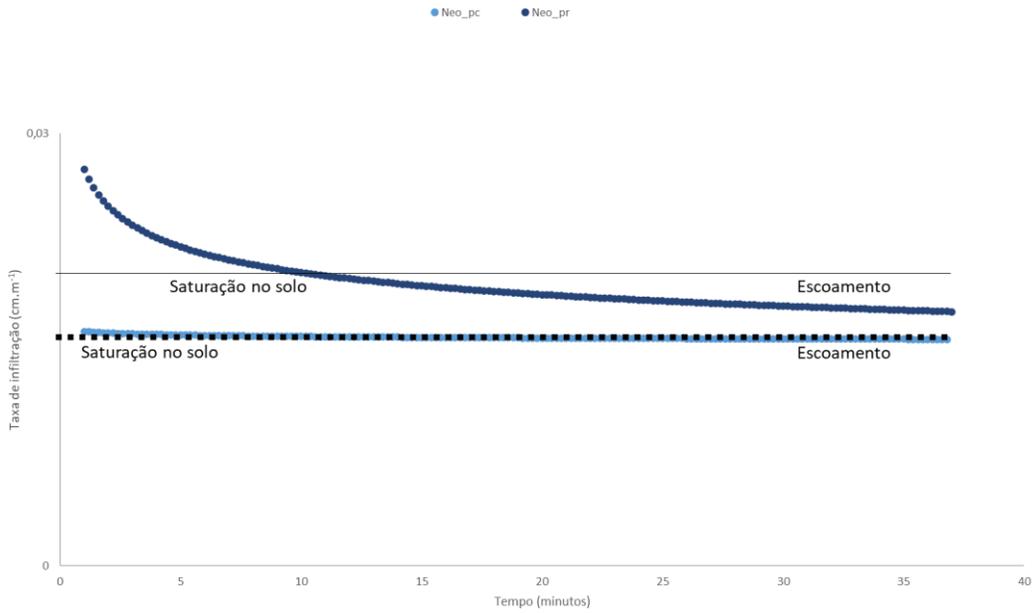


Figura 7. Taxa de infiltração básica no Neossolo

### 3.3. Viabilidade econômica<sup>8</sup>

A seguir há uma tabela comparativa das TIRs e VPL de cada manejo em cada modelo produtivo simulado com indicações em cinza dos maiores valores.

**Tabela 4 Comparação econômica entre os três manejos**

Fazenda	Modelo Produtivo	Manejo	TIR - Real	VPL CMPC
Cravorana	M01	PC	2,67%	-R\$ 104.920,49
	M01	PR	5,82%	-R\$ 71.826,00
	M01	SSPR	5,39%	-R\$ 120.165,00
	M02	PC	6,50%	-R\$ 23.918,21
	M02	PR	11,78%	R\$ 99.170,00
	M02	SSPR	9,58%	R\$ 55.160,00
Santa Cruz	M01	PC	-3,45%	-R\$ 101.698,00
	M01	PR	-2,18%	-R\$ 115.990,00
	M01	SSPR	4,29%	-R\$ 111.220,00
	M02	PC	10,72%	R\$ 30.328,00
	M02	PR	11,45%	R\$ 46.226,00
	M02	SSPR	10,24%	R\$ 51.049,00

Onde, PC = pasto contínuo, PR = pasto rotacionado, SSPR = sistema silvopastoril com pasto rotacionado, M01 = compra de vacas e venda de bezerros, M02 = compra de bezerras e venda de novilhas.

Na Cravorana, o PR apresentou TIRs e VPL superiores para os dois modelos produtivos. O SSPR também obteve um resultado interessante para o investidor com TIRs maiores que o pasto contínuo, no entanto o custo alto de implantação e manutenção influenciou no resultado de receita. O PC mesmo apresentando os menores custos demonstrou não ser atrativo a longo prazo.

Na Santa Cruz, no modelo 01, apesar da TIR ser mais vantajosa para o SSPR, os custos elevados do manejo representaram uma receita inferior que o PC e o PR. O valor inferior do PR é proveniente do elevado custo de manutenção e da espécie criada

<sup>8</sup> Importante ressaltar que objetivo do trabalho não foi analisar qual modelo produtivo é mais vantajoso, eles foram utilizados apenas em caráter de análise em mais de um cenário. Outra informação relevante é que o resultado foi calculado baseado em uma TMA de 7,95% fornecida pelo modelo VERENA.

na fazenda não ter um valor de peso vivo tão interessante nesse modelo produtivo quanto a Cravorana.

Entretanto, no modelo 02, já se observa uma TIR superior do PR, mas um VPL maior para o SSPR, isso se deve por ter uma proporcionalidade maior de plantio de madeira na Santa Cruz, tornando o sistema vantajoso.

### **3.4. Jogo de tabuleiro**

Como proposta de um produto prático e acessível, a autora deste estudo conectou o interesse em desenvolver um jogo com as ações de Educação Ambiental imediatas da empresa que trabalha chamada Synergia Consultoria Socioambiental. O objetivo era aplicar o conteúdo estudado para a elaboração deste trabalho em um jogo de tabuleiro que pudesse ser testado com o público final. O jogo foi feito e a Synergia investiu em sua fabricação, ilustração e aplicação, ele está disponível para compra ou uso em parceria com autorização da empresa.

Este jogo tem foco no produtor rural, mas pode ser jogado com crianças e jovens, proprietários rurais, ou qualquer outro interessado. É um jogo estratégico e de escolha e ganha aquele jogador que assumir a postura mais sustentável.

O jogo tem como objetivo simular um produtor que tem que tomar decisões que o façam tornar-se o maior produtor de águas da região, mas planejando o uso da sua propriedade, garantindo produtividade e protegendo o meio ambiente (o conjunto dessas ações são caracterizados como “manejo”). O jogo possui as seguintes peças:

- 1 tabuleiro;
- 4 peões;
- 60 fichas de moedas;
- 60 fichas de água;
- 30 cartas de investimentos;
- 30 cartas de melhorias;
- 16 cartas de ambiente externo;
- 12 cartas bônus;
- 10 cartas de desafio de melhorias;

- 10 cartas de desafio de investimentos;
- 4 cartas de “última chance”;
- 4 painéis de propriedade
- 1 dado

O tabuleiro mostra o caminho a ser percorrido no jogo. Ele é composto de casas vazias e casas de eventos. Uma vez parado em casas vazias o jogador deve escolher fazer uma melhoria ou um investimento, sendo que ambas custam moedas, porém melhorias devolvem recargas hídricas e investimento, dinheiro. Quando se para em uma casa de eventos deve seguir o disposto no tabuleiro. As cartas de ambiente externo são indicadas no tabuleiro e são fatores externos que podem oferecer ou retirar águas.

As cartas de desafio são solicitadas em alguns momentos do jogo e por meio de um Quiz de perguntas e respostas possibilitam a multiplicação das recargas hídricas.

O jogo encerra quando o primeiro jogador chega ao final do tabuleiro, mas ganha aquele jogador que possui mais água em seu território. A seguir segue a imagem do tabuleiro e a regra do jogo está anexada.



Figura 8. Tabuleiro Jogo Enchendo a Bacia

#### 4. Discussão

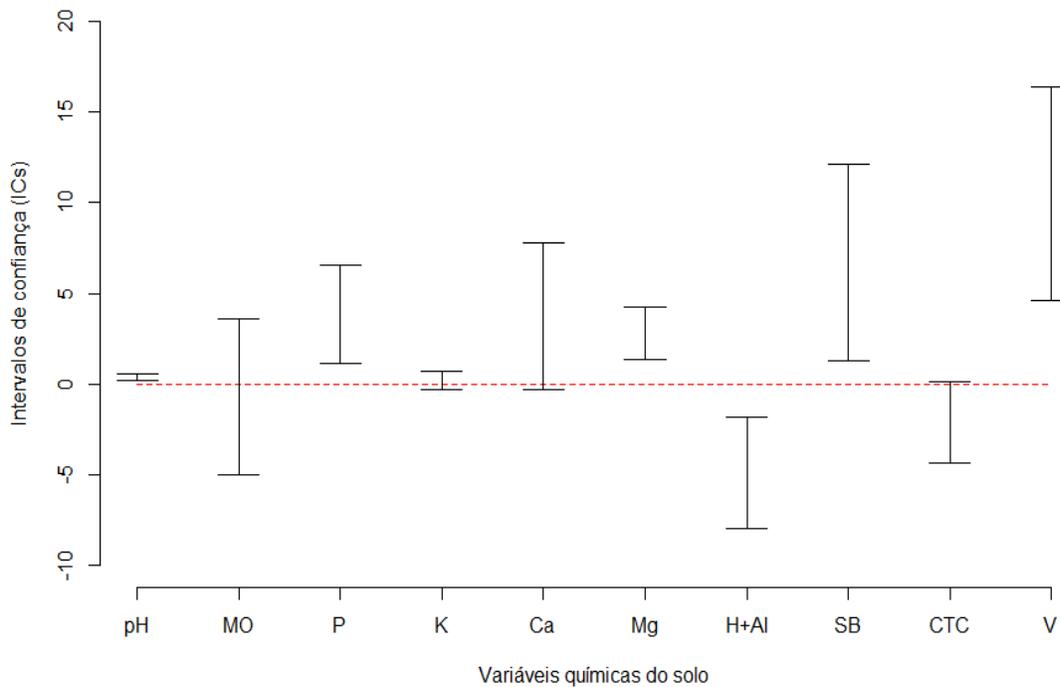
O estoque de carbono e a infiltração de água são indicadores fundamentais da prestação de serviços ambientais provenientes das boas práticas agropecuárias (OLIVEIRA, REAATO e ROIG, 2015).

Há muitas variáveis que interferem na concentração de carbono no solo e na retenção de água, como a densidade do solo - proveniente das propriedades específicas de cada classe de solo (DEXTER, 2004) - somadas ao histórico de uso da terra (DEXTER, 2004; ARYAL et al., 2018), a compactação do solo que reduz a porosidade e impacta diretamente na resistência à penetração (ARYAL et al., 2018), e consequentemente na infiltração de água no solo.

Este estudo encontrou valores médios de estoque de carbono maiores no pasto contínuo em duas classes de solo (Argissolo e Neossolo) diferentemente do encontrado em CARDENAS et al. (2018); ARYAL et al. (2018) e AMÉZQUITA et al. (2010) que demonstraram a diferença do pasto rotacionado e de sistemas silvipastoris ultrapassando até mesmo, algumas vezes, o estoque de carbono mensurados em áreas de florestas secundárias nativas.

Entende-se que o resultado encontrado se deve, principalmente, à mudança recente no manejo da pecuária e ao histórico de uso da terra no local de implantação do pasto rotacionado. Visto que o estoque de carbono nas camadas superficiais (10 cm) foi superior ou igual no manejo rotacionado, em comparação com o contínuo, nas três propriedades e que alterações no estoque de carbono do solo ocorrem paulatinamente (CARDENAS et al., 2018), bem como o incremento de carbono do solo.

Ademais, um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas na fazenda Cravorana, no ano de 2017 (Figura 9), identificou, embora com pouca diferença, menor matéria orgânica no PR em comparação ao PC, evidenciando uma mudança gradativa na qualidade do solo na área do PR nos últimos três anos.



**Figura 9. Estudo de melhora do solo Fonte: Ipê (2017)**

As mudanças no manejo da pastagem realizadas nas propriedades do estudo podem alterar processos hidrológicos (DEXTER, 2004) e resultar na conservação do solo (ZWIRTES, 2013) tendendo a promover a proteção de serviços ecossistêmicos do solo, ampliando a capacidade de infiltração e reduzindo o escoamento superficial e erosão (FALCÃO et al., 2020).

Neste estudo, apesar da baixa taxa de infiltração ( $< 5 \text{ mm h}^{-1}$ ) (ZWIRTES et al., 2013) já há uma sinalização de uma melhoria dessa propriedade do solo em comparação com o pasto contínuo.

Em FISCHER et al. (2009) a escolha por um pasto rotacionado ampliou em quatro vezes a infiltração da água em comparação ao pasto convencional.

Adicionalmente, um experimento realizado com ovelhas em dois modelos de pastagem (simulação do rotacionado e convencional)<sup>9</sup> demonstrou que todos os atributos estruturais mensurados (densidade, taxa de infiltração e resistência tênsil) indicaram

<sup>9</sup> Controlado – as ovelhas eram retiradas quando atingiam a plasticidade do pasto, simulando a rotação de cultura - e convencional

melhores resultados referente a conservação do solo nas camadas superficiais do pastejo rotacionado (PROFFITT e BENDOTTI, 1995).

Outro ponto de atenção é que os resultados identificados foram coletados em uma área de estudo em que o sistema silvipastoril com pasto rotacionado foi recém implantado, a vegetação frutífera e madeireira é uma fonte importante de diversidade de alimentos e sombra para o gado (FISCHER et al., 2009) e significa um aumento do estoque de carbono proveniente da biomassa advinda das folhas e estocada nas madeiras (ARYAL, et al., 2018).

Além disso, o sistema silvipastoril aumenta a umidade e atrai biodiversidade (CHARÁ et al., 2011). No local foram plantadas vegetações nativas, o que tende a aumentar a taxa de infiltração e a quantidade de estoque de carbono em comparação com o eucalipto (FALCÃO et al., 2020).

O Sistema Silvipastoril representa uma alternativa pertinente, pois ao mesmo tempo que presta serviços ecossistêmicos importantes para a manutenção dos sistemas ecológicos (FISCHER et al., 2009) oferece uma oportunidade para o produtor de adquirir uma receita adicional. O Sistema Silvipastoril apresenta maiores TIRs quando comparado com monoculturas de florestas ou de pastagem (MELOTTO e LAURA, 2009) e (RESENDE et al., 2020).

Simulações realizadas a partir da realidade das propriedades Cravorana e Santa Cruz indicou que o Sistema Silvipastoril consorciado com a pastagem rotacionada apresentou uma alternativa interessante, pois além de contar com o aumento da produtividade resultante do manejo intensivo do pasto e melhoria na qualidade de vida do gado (LIMA, 2003) possibilita um ganho suplementar.

Os resultados apontaram, inclusive maior VPL no Modelo 02 de produção na Santa Cruz e não foi possível obter resultados mais satisfatórios, nas duas propriedades, devido a proporção do plantio ser muito pequena em relação a área total, sugerindo uma análise financeira de retorno anterior ao plantio para compreensão do número mínimo de espécies que devem ser plantadas.

Por exemplo, na Santa Cruz o plantio foi realizado em 9,5% da área e já demonstrou resultados com TIR atraente e VPL superior quando comparado com os apenas 4,5% da área plantada na Cravorana.

Complementarmente, há um diferencial, pois o plantio nas duas propriedades é de mata nativa, o que intensifica os serviços ecossistêmicos prestados<sup>10</sup> (FISCHER et al. 2009) & (FALCÃO et al., 2020) e, apesar de ter o retorno a longo prazo (42 anos) devido ao desenvolvimento mais lento das espécies até o período de corte (ROLIM e PIOTTO, 2018), a cubagem compensa o tempo de espera e o valor pago é mais atrativo que para o eucalipto, por exemplo (ITTO, 2020).

No entanto, apesar dos ganhos ambientais provenientes da adoção de práticas de manejo de pastagem e dos retornos positivos a médio e longo prazo para a produtividade, o investimento inicial de implantação e a manutenção desses sistemas são fatores desestimulantes para o pequeno produtor (CHARÁ et al., 2011; SARCINELLI, 2008).

Importante frisar que os pequenos produtores ocupam parcela significativa do território do Sistema Cantareira (UEZU et al., 2017), área de estudo dessa pesquisa e estratégica para a conservação dos recursos hídricos e provedora de um bem público de direito difuso, a água, para um quantitativo grande de pessoas e empresas na RMSP (ANA - Agência Nacional das Águas, 2019).

O serviço ambiental prestado pelo pequeno produtor com o manejo de pastagem conserva o solo e conseqüentemente os recursos hídricos (BEETZ e RINEHART, 2010), mantendo o fornecimento desse bem para a população da RMSP, no entanto, sem incentivo, todos os custos recaem sobre produtor.

De forma que ou os produtores se organizam em cooperativas ou se filiam às cooperativas bem estabelecidas para implantar em conjunto o sistema silvipastoril compartilhando os custos e ampliando as receitas (TNC, 2013).

Ou se estabelecem políticas públicas e incentivos econômicos seja por fornecimento de crédito subsidiado que possibilite adquirir mudas e matéria-prima para cercamento, seja por política pública com redução de taxas para o produtor que realize a restauração (SARCINELLI, 2008), seja por sistemas de pagamentos por serviços ambientais com valores pagos mensalmente para produtores que aderirem às boas

---

<sup>10</sup> Estoque de carbono aprisionado na biomassa das árvores, atração de biodiversidade de aves e outros animais, redução da força do impacto da chuva no solo reduzindo a velocidade do escoamento superficial e atenuando a erosão do solo, gerando maior rugosidade

práticas de conservação do solo e água (SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DA PREFEITURA DE EXTREMA, 2017), ou seja, pela valorização adicional do produto como a carne carbono neutro com um preço diferenciado (ALVES, ALMEIDA e LAURA, 2015).

Visto que o Sistema Cantareira é de fundamental importância para o abastecimento de água de 9 milhões de pessoas na Região Metropolitana de São Paulo (ANA - Agência Nacional das Águas, 2019) e dado a elevada proporção da área composta por pecuária bovina e plantio de eucalipto (VIEIRA e VIEIRA, 2016) somado ao fato da importância das pequenas propriedades da região, cortadas por corpos hídricos, muitas vezes sem composição de Área de Preservação Permanente (RICHARDS et al., 2020), alternativas de manejo que auxiliem na conservação do solo e da água são muito relevantes e medidas de incentivo tornam-se fundamentais.

Entretanto, como trata RICHARDS et al. (2020), programa de pagamentos por serviços ambientais, créditos rurais ou incentivos devem compreender melhor as operações da agricultura familiar para projetar incentivos eficazes para futuros programas de restauração florestal e técnicas produtivas sustentáveis.

Os autores reforçaram que há interesse dos produtores em implantar sistemas como o Voisin, contudo os custos de crédito e de mão-de-obra para o sistema são muito altos e justificam as baixas adesões ao sistema e manutenção do *status quo* produtivo (RICHARDS et al., 2020).

Outros fatores relevantes para criação dos incentivos é a desconfiança do produtor rural com programas de governo e bancos privados (RICHARDS et al., 2020).

Além disso a preocupação do produtor é a aposentadoria próxima e incerteza na transferência dos cuidados da propriedade para a futura geração, já que não há interesse de seus filhos em dar continuidade a agricultura o que torna difícil estabelecer acordos de longo prazo como créditos de carbono (30 anos) (RICHARDS et al., 2017).

Por outro lado, a evasão do jovem no campo está muito associado a inacessibilidade à uma boa educação, ao afastamento de algumas saídas tecnológicas, por não participar das tomadas de decisão da propriedade e por processos do mercado que não entendem ser o melhor (BUCZENKO e ROSA, 2018).

Garantir o manejo da pastagem nas pequenas propriedades do Cantareira é manter o direito difuso à água para as gerações futuras. Para prever essa continuidade de manejo é preciso pensar também em incentivos/políticas públicas que ofereça argumentos interessantes à permanência desses jovens em suas propriedade.

Como universidades de qualidade próximas desses jovens ou estratégias de incentivo atrativos que considerem suas opiniões nas tomadas de decisão. Tornar interessante a permanência do jovem reduz também a pressão da especulação imobiliária que seria facilitada com a evasão desses jovens.

Outro ponto preocupante são as diversas estruturas de gestão da água configuradas em vários Comitês de Bacias e outros órgãos que possuem interesses distintos. Isso dificulta uma gestão integrada dos recurso hídricos e determinação de programas de incentivo que abranjam todo o Sistema Cantareira (RICHARDS et al., 2017).

Mas, acordos como pagamentos adiantados em forma de matéria-prima e cercamento da propriedade como o realizado pelo Conservador das Águas demonstrou sucesso e adesão com retorno positivo pelos produtores locais do Cantareira (RICHARDS et al., 2020).

Mesmo que os programas de incentivo mereçam cuidados e planejamento estratégico para sua elaboração, é importante considerar que as pequenas propriedades têm efeito cumulativo direto na conservação das águas e que a escolha por sistemas silvipastoris com mata nativa e pastagem rotacionada oferecem serviços ambientais trabalhados neste estudo como aumento da infiltração e redução de escoamento (FALCÃO et al., 2020) controlando a erosão e assoreamento dos corpos hídricos e maior estoque de carbono no solo e na madeira (OLIVEIRA e REATTO, 2015).

Contudo, há outros serviços associados a implantação do sistema silvipastoril como fixação de nitrogênio no solo, recuperação de macrofauna edáfica, atração de espécies de avifauna, aumento da diversidade genética vegetacional, refúgio de predadores para pequenas espécies, aumento da umidade relativa no microclima, melhoria na qualidade da água (CHARÁ et al., 2011).

Visto isso, essa pesquisa recomenda a continuidade das análises de solo em estudos futuros para acompanhar a evolução do estoque de carbono no solo e estudos complementares que compreendam outros serviços ecossistêmicos.

Ademais, é feito o convite para futuras pesquisas de utilizar o jogo criado durante este trabalho para compreensão de seu impacto na sensibilização de produtores rurais para aplicação de técnicas sustentáveis ou adesão a programas de incentivo econômico.

## **5. Conclusão**

Os resultados desse estudo demonstraram que a mudança de manejo do pasto pode aumentar a proteção de serviços ecossistêmicos, representados neste estudo pelo estoque de carbono no solo e a taxa de infiltração.

O estoque de carbono apresentou resultado médio superior no pasto rotacionado em uma classe de solo (Nazaré Paulista) e inferior no pasto rotacionado nas outras duas classes de solo (Cravovana e Santa Cruz).

O valor inesperado se deu pela mudança recente de manejo, no entanto, a média do EC nas camadas superficiais foram superiores ou iguais no pasto rotacionado, nas três propriedades, demonstrando que, mesmo gradativamente, já é possível verificar resultados satisfatórios para o EC. Entretanto, é necessária a realização de novos estudos para acompanhar essa alteração ao longo do tempo.

A taxa de infiltração apresentou resultados superiores no pasto rotacionado deixando evidente o benefício ambiental causado na redução de escoamento superficial e erosão do solo, mesmo com a implantação recente desse manejo.

Além dos serviços ecossistêmicos gerados pela mudança no manejo da pastagem, outro benefício proveniente desse manejo é o econômico. Pela projeção realizada em um fluxo de caixa descontado foi possível verificar que o pasto rotacionado apresenta resultados financeiros interessantes e o sistema silvipastoril com pasto rotacionado, se bem planejado, pode ser bastante rentável para o pequeno produtor e representar o modelo mais viável economicamente.

Todavia, há um custo alto de implementação e o serviço ambiental prestado é custeado apenas pelo pequeno produtor mesmo que a escolha pelo manejo promova a continuidade de manutenção do direito difuso a água para a sociedade.

Logo medidas de incentivo econômico e políticas públicas que forneçam insumos/subsídios para o pequeno produtor são essenciais para manter o fornecimento de água e proteger serviços ecossistêmicos da região do Cantareira.

Este trabalho conclui que investir em práticas de manejo, que gerem serviços ecossistêmicos, é vantajoso tanto ambientalmente para o pequeno produtor e para a sociedade quanto lucrativo devido ao aumento de produtividade advindo do próprio manejo, mas também pela sustentabilidade produtiva garantida pela proteção dos sistemas ecológicos.

E, por último, essa pesquisa sugere a continuidade de estudos sobre a provisão dos serviços ecossistêmico resultantes das práticas de manejo de pastagem, estudados neste trabalho (estoque de carbono e infiltração), bem como outros serviços já supracitados na discussão, porém não analisados nesse trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L., & SPAROVEK, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 711–728.
- ALVES, F. V., ALMEIDA, R. G., & LAURA, V. A. (2015). *Carne Carbono Neutro*. Campo Grande: Embrapa.
- AMÉZQUITA, M. C., MURGUEITIO, E., IBRAHIM, M., & RAMÍREZ, B. (2010). Carbon sequestration in pasture and silvopastoral systems compared with native forests in ecosystems of tropical America. Em F. a. FAO, *Grassland carbon sequestration: management, policy and economics* (pp. 153-161). Roma: FAO.
- ANA - Agência Nacional das Águas. (29 de 09 de 2019). *Sistema Cantareira*. Fonte: Agência Nacional das Águas: <https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sistema-cantareira/sistema-cantareira-saiba-mais>
- ARYAL, D. R., GONZÁLEZ, R. R., NURIASMÚ, R., & RUIZ, D. R. (2018). Carbon stocks and tree diversity in scattered tree silvopastoral systems in Chiapas, Mexico. *Agroforestry System*.
- BATISTA, A., PRADO, A., PONTES, C., & MATSUMOTO, M. (2017). *VERENA INVESTMENT TOOL: VALUING REFORESTATION*. WRI Brasil - Nota Técnica.
- BATTISTI, L. F., FILHO, A. L., LOSS, A., & SINISGALLI, P. A. (2018). Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. *Acta Agronómica*, 67(4), 486-493.
- BEETZ, A. E., & RINEHART, L. (2010). Rotational Grazing. *National Sustainable Agriculture Information Service*.
- BRISKE, D. D., DERNER, J., BROWN, J., FUHLENDORF, S., TEAGUE, W. R., HAVSTAD, K. M., . . . WILLS, W. D. (2008). Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. *Rangeland Ecol Manage*, 61:3-17.
- BUCZENKO, G. L., & ROSA, M. A. (2018). A PERMANÊNCIA DO JOVEM NO CAMPO: CONTRIBUIÇÕES DA EDUCAÇÃO DO/NO CAMPO. *Ensaios Pedagógicos*, v. 8, n.1, pag 1-20.
- CÁRDENAS, A., MOLINER, A., HONTORIA, C., & IBRAHIM, M. (2018). Ecological structure and carbon storage in traditional silvopasoral systems in Nicaragua. *Agroforestry Systems*.
- CARVALHO, J. J., AZEVEDO, C. A., GOMES, E. M., J., H., & NETO, J. D. (1999). Efeito das Variações Espaço-Temporais dos Parâmetros de Kostiaikov-Lewis na Infiltração Acumulada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 268-275.
- CARVALHO, P. C., GENRO, T. C., GONÇALVES, E. N., & BAUMONT, R. (2005). A estrutura do pasto com conceito de manejo: reflexos sobre o consumo e a produtividade. Em R. A. REIS, *Volumosos na Produção de Ruminantes* (pp. 107 - 124). Jaboticabal: Funep.
- CASTAGNA, A. A., ARONOVICH, M., & RODRIGUES, E. (2008). *Pastoreio Rotacional Voisin: manejo agroecológico de pastagens*. Niterói-RJ: Programa Rio Rural.
- Cavalcante. (sem data). *Cavalcante Associados*. Fonte: Cavalcante: <https://cavalcanteassociados.com.br/calculo-custo-de-capital-proprio/>

- CHARÁ, J., MURGUEITIO, E., ZULUAGA, A., & GIRALDO, C. (2011). *Ganadería Colombiana Sostenible*. Cali, Colombia: Fundación CIPAV.
- CONSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOTS, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., . . . BELT, M. V. (1997). The value of the world's ecosystem and natural capital. *Nature*, Vol 387, pag 253-260.
- DAMODARAN, A. (01 de 01 de 2019). *Damodaran* . Fonte: Damodaran on-line: [http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New\\_Home\\_Page/biomission.html](http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/biomission.html)
- DEAN, W. (1996). *A Ferro e Fogo: a história da desmatação da Mata Atlântica brasileira*. São Paulo: Companhia das Letras.
- DEXTER, A. R. (2004). Soil Physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density,. *Geoderma*, 120 - 201–214.
- DITT, E. H., KNIGHT, J. D., MOURATO, S., PADUA, C. V., MARTINS, R. R., & GHAZOUL, J. (2008). *Defying legal protection of Atlantic Forest in the transforming landscape around Atibainha reservoir, south-eastern Brazil*. Elsevier.
- EMBRAPA. (12 de 2019). *ttflorestal*. Fonte: Embrapa: [https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/sistema-silvipastoril#:~:text=Sistema%20Silvipastoril%20\(SSP\)%20%C3%A9%20a,%2C%20com%20o%20objetivo%20.%20.%20](https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/sistema-silvipastoril#:~:text=Sistema%20Silvipastoril%20(SSP)%20%C3%A9%20a,%2C%20com%20o%20objetivo%20.%20.%20).
- EMBRAPA Amazônia Oriental, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2000). *Sistemas de Manejo das Pastagens Cultivadas*. Em N. A. COSTA, L. O. CARVALHO, L. B. TEIXEIRA, & M. SIMÃO NETO, *Pastagens cultivadas na Amazônia*. (pp. 36-50). Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (s.d.). *Módulos Fiscais*. Fonte: EMBRAPA: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>
- FALCÃO, K. S., PANACHUCKI, E., MONTEIRO, F. N., MENEZES, R. S., RODRIGUES, D. B., & SONE, J. S. (2020). Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration area of the Brazilian Cerrado. *International Soil and Water Conservation Research*, 124-130.
- FAO. (2018). *The State of the World's Forests*. Roma: Forest pathways to sustainable development.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (30 de 09 de 2019). *Animal Productions*. Fonte: FAO: <http://www.fao.org/animal-production/en/>
- FILHO, E. M., & SARTORELLI, P. A. (2015). *Guia de árvores com valor econômico*. São Paulo: Agroicone.
- FISCHER, J., STOTT, J., ZERGER, A., WARREN, G., & SHERREN, K. &. (2009). Reversing a tree regeneration crisis in an endangered ecoregion. *PNAS*.
- GATTO, A. (2005). *Estoques de carbono no solo e na biomassa de plantações de eucalipto na Região Centro-Leste de Minas Gerais*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 159p. (Tese de Doutorado).
- HUETING, R., R. L., B. B., LAMBOOY, J., & JANSEN, H. (1998). The concept of environmental function and its valuation. *Ecological Economics*, 25(1), 31-5.
- INPUT BRASIL. (2016). *Intensificação da pecuária como peça chave na expansão da agropecuária sustentável no Brasil*. São Paulo: Agroicone.

- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). (2013). *Tabela com módulo fiscal dos municípios*. Fonte: <http://www.incra.gov.br/tabela-modulo-fiscal>
- ITTO, International Tropical Timber Organization. (29 de 07 de 2020). *Biennial review statistics*. Fonte: ITTO: [https://www.itto.int/biennial\\_review/](https://www.itto.int/biennial_review/)
- Jesus, R. d. (28 de 05 de 2020). Determinação da Cubagem das Árvores. (G. G. Oliveira, Entrevistador)
- LATAWIEC, A. E., STRASSBURG, B. B., JUNQUEIRA, A. B., ARAUJO, E., MORAES, L. F., PINTO, H. A., . . . HALE, S. E. (2019). Biochar amendment improves degraded pasturelands in Brazil: environmental and cost-benefit analysis . *Nature*, 1-12.
- LENZI, A. (2003). *Desempenho animal e produção de forragem em dois sistemas de uso da pastagem: Pastejo Contínuo & Pastoreio Racional Voisin* . Florianópolis: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS .
- MELOTTO, A. M., & LAURA, V. A. (2009). *Sistemas Silvipastoris para Bovinos e Ovinos*. campo Grande: Embrapa.
- MILKPOINT. (09 de 01 de 2020). *Milkpoint*. Fonte: Milkpoint: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/educapoint/o-que-e-a-taxa-de-lotacao-e-qual-sua-importancia-para-o-desempenho-animal-217563/#:~:text=O%20uso%20da%20unidade%20animal,450%20kg%20de%20peso%20vivo.>
- MONTAGININI, F., & FINNEY, C. (2011). Payments for Environmental Services in Latin America as a Tool for Restoration and Rural Development. *AMBIO*, 285 - 297.
- OLIVEIRA, E. B., NAKAJIMA, N. Y., CHANG, M., & HALISKI, M. (2011). *Determinação da quantidade de madeira, carbono e renda da plantação florestal*. Colombo - PR: EMBRAPA.
- OLIVEIRA, E. S., & REATTO, A. &. (2015). Estoques de carbono do solo segundo os componentes da paisagem. *Cader nos de Ciência & Tecnologia*, v. 32, n.1/2, p. 71-93.
- PARHI, P. K. (2007). A Modification to Kostiaikov and Modified Kostiaikov Infiltration Models. *Water Resources Management* , 21 (11), 1973-1989.
- PROFFITT, A., & BENDOTTI, S. &. (1995). A comparison between continuous and controlled grazing on a red duplex soil. I. Effects on soil physical characteristics. *Soil and Tillage Research*, 199-210.
- REGO, R. B. (2015). *Viabilidade econômico-financeira de projetos*. Rio de Janeiro: FGV.
- RESENDE, L. O., MÜLLER, M. D., KOHMANN, M. M., PINTO, L. F., JUNIOR, L. C., ZEN, S., & REGO, L. F. (2020). Sivopastoral management of beef cattle production for neutralizing the environmental impact of enteric methane emission. *Agroforestry System*, 893-903.
- RICHARDS, R. C., KENNEDY, C. J., LOVEJOY, T. E., & BRANCALION, P. H. (2017). Considering farmer land use decisions in efforts to 'scale up' Payments for Watershed Services. *Ecosystem Services*, 238-247.
- RICHARDS, R. C., PETRIE, R., CHRIST, B., DITT, E., & KENNEDY, C. J. (2020). Farmer preferences for reforestation contracts in Brazil's Atlantic Forest. *Forest Policy and Economics*, 118.

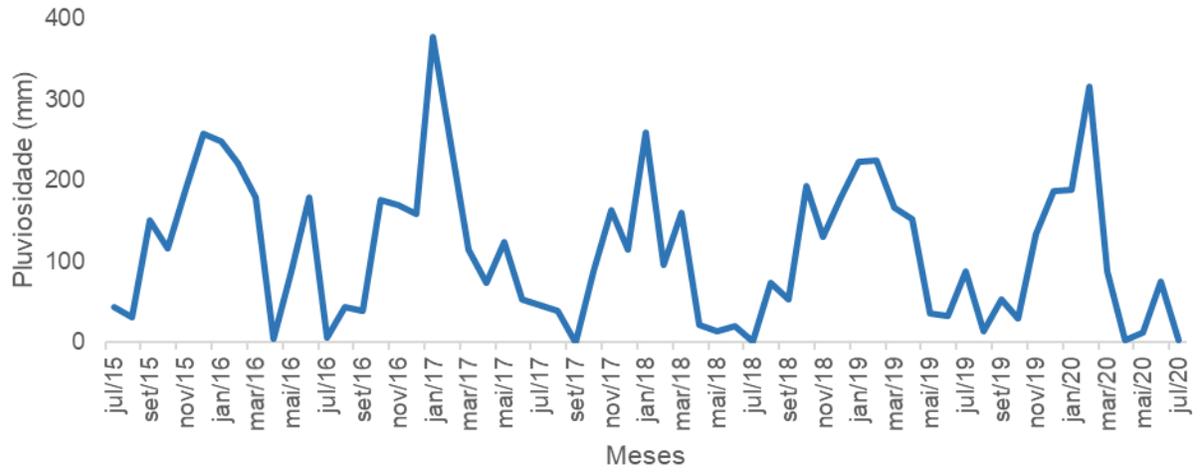
- ROJAS - DOWNING, M. M., NEJADDHASHEMI, HARRIGAN, T., & WOZNICKI, S. (2017). Climate change and livestock: impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 145-163.
- ROLIM, G. S., CAMARGO, M. B., LANIA, D. G., & MORAES, J. F. (2007). Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia*, 66(4), 711-720. doi:<https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>
- ROLIM, S. G., & PIOTTO, D. (2018). *Silvicultura e Tecnologia de espécies da Mata Atlântica*. Belo Horizonte: Rona.
- S., F. K., PANACHUCKI, E., MONTEIRO, F. N., MENEZES, R. S., RODRIGUES, D. B., & SONE, J. S. (2020). Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration area of the Brazilian Cerrado. *International Soil and Water Conservation Research*, 124-130.
- SABESP, C. d. (03 de 07 de 2020). *Situação dos Mananciais*. Fonte: Sabesp: <http://mananciais.sabesp.com.br/HistoricoSistemas?Sistemald=0>
- SANTOS, A. M., & JUNIO, M. F. (2016). Gamificando a Educação Ambiental: o desafio jogando verde no Instituto Federal Baiano. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, V. 11, Nº1:246-263.
- SANTOS, H. G. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, DF: – 5. ed., rev. e ampl, EMBRAPA.
- SARCINELLI, O. (2008). Análise econômica da adoção de medidas mitigadoras de impactos agro-ambientais: estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego oriçanguinha. *Dissertação de Mestrado - Unicamp*.
- Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de Extrema. (2017). *Conservador das Águas*. Extrema: Secretaria de Meio Ambiente.
- SEIXAS, S. R. (2010). Conservação de recursos naturais e práticas turísticas sustentáveis em Vargem (SP) . *Revista Brasileira de Ecoturismo*, v3, n2, pp. 191-214.
- SEIXAS, S. R., HÖEFFEL, J. L., RENK, M., & SILVA, B. N. (2012). Quality of Life and Socioenvironmental Degradation in the Cantareira System Environmental Protected Area, SP, Brazil. *Urban Studies Research*, 1-9.
- SIERRA, R., & RUSSMAN, E. (2005). On the efficiency of environmental service payments: A forest conservation assessment in the Osa Peninsula, Costa Rica. *Ecological Economics*, 131-141.
- SILVA, A. C., & CARRERO, G. C. (2018). *Pecuária Sustentável em Sistemas Silvopastoris: como alcançar a viabilidade técnica, econômica e ambiental para pecuária leiteira na Amazônia?* Manaus: IDESAM.
- SILVA, C. .. (2013). Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal. Piracicaba - SP.
- SOS MATA ATLÂNTICA & INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). (2019). *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica*. São Paulo: SOS Mata Atlântica. Fonte: SOS Mata Atlântica.
- TNC, T. N. (2013). *A experiência de produtores de leite da Cooperativa Itaipu com o sistema de produção Voisin*. Belém - PA: TNC.

- UEZU, A., JNEKINKS, C. N., PAVAN, T., GOMES, H. B., FILHO, L. F., SANTOS, A. S., . . . CAMPOS, N. R. (2017(2)). *Viabilidade Econômica de plantio florestais em áreas de Reserva Leal*. Nazaré Paulista: Instituto de Pesquisas Ecológicas.
- UEZU, A., SARCINELLI, O., CHIODI, R., JENKINS, C. N., & MARTINS, C. (2017). *Atlas dos Serviços Ambientais do Sistema Cantareira*. Nazaré Paulista: Memmon Edições Científicas: Ipê - Instituto de Pesquisas Ecológicas.
- VAN ES, H. (sem data). *Field Procedures and Data Analysis for the Cornell Sprinkle Infiltrometer*. Department of Crop and Soil Sciences Research, Cornell Universities.
- VAN ES, H., & SCHINDELBECK, R. (2003. 8 p.). *Field procedures and data analysis for the cornell sprinkle infiltrometer*. . Ithaca, NY: Cornell University: Department of Crop and Soil Sciences Series R03-01.
- VIANNA, Y., VIANNA, M., & MEDINA, B. &. (2013). *Como reinventar as empresas a partir dos jogos*. Rio de Janeiro: e-book - MJV Press.
- VIEIRA, T. M., & VIEIRA, L. T. (2016). *Análise de Ecologia da Paisagem do Sistema Cantareira Voltada à Questão Hídrica*. São Paulo: Aliança pelas Águas.
- WALKLEY, A. &. (1934.). *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method* . Soil Sci., 37:29-38, .
- YOKOYAMA, L. P., FILHO, A. V., BALBINO, L. C., OLIVEIRA, I. P., & BARCELLOS, A. d. (1999). AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1335-1345.
- ZWIRTES, A. L., SPOHR, R. B., BARONIO, C. A., MENEGOL, D. R., & ROSA, G. M. (2013). Utilização do infiltrômetro de cornell e dos anéis concêntricos para. *Ciências Agrárias*, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3489-3500,.

## Anexos

### Anexo 1

Figura 10. Pluviosidade média histórica



## Anexo 2

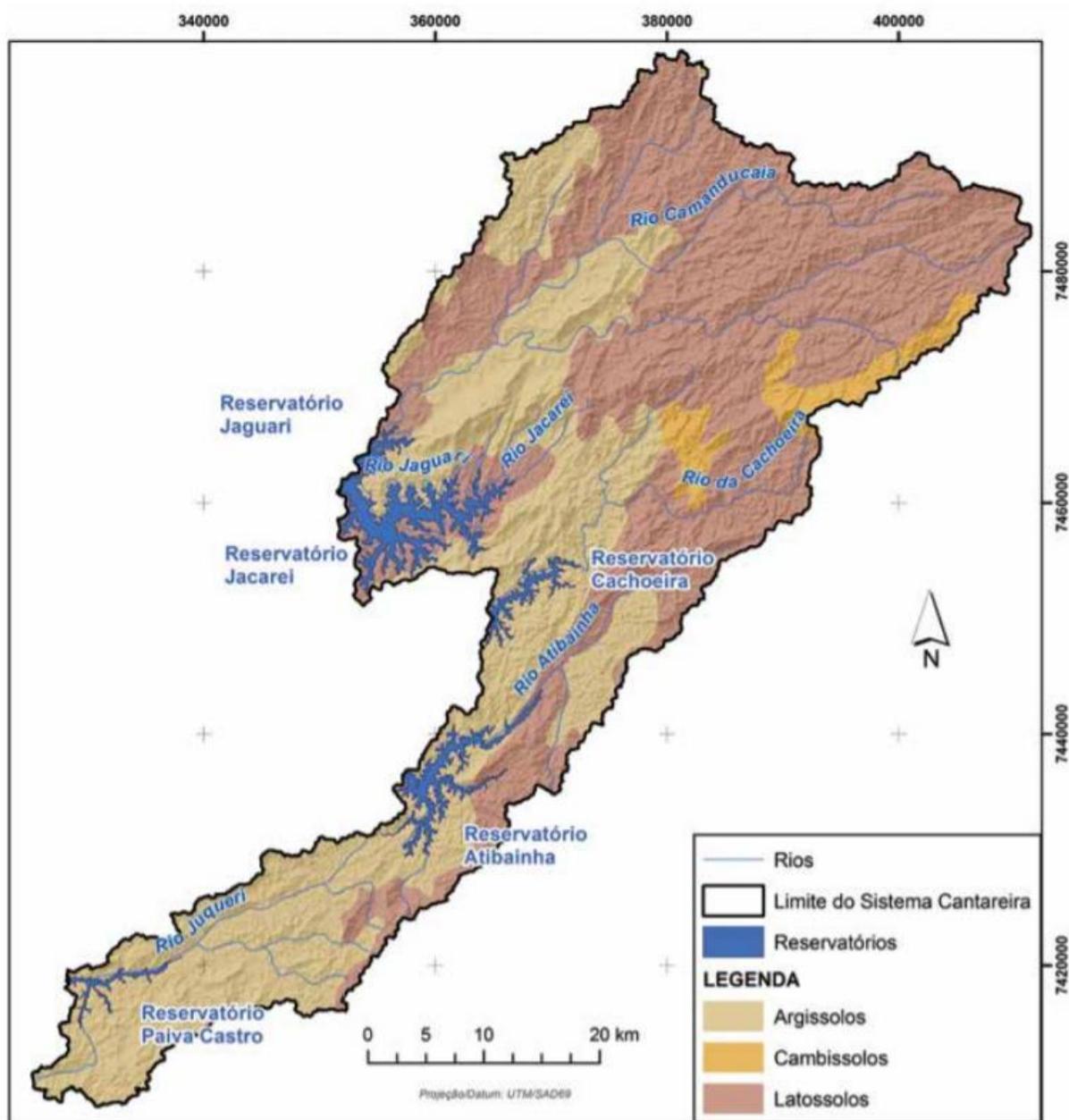


Figura 11. Tipos de solo no Sistema Cantareira

Fonte: Apud UEZU (2017)

### Anexo 3



Figura 12. Locais de análise - Propriedade Nazaré Paulista – SP

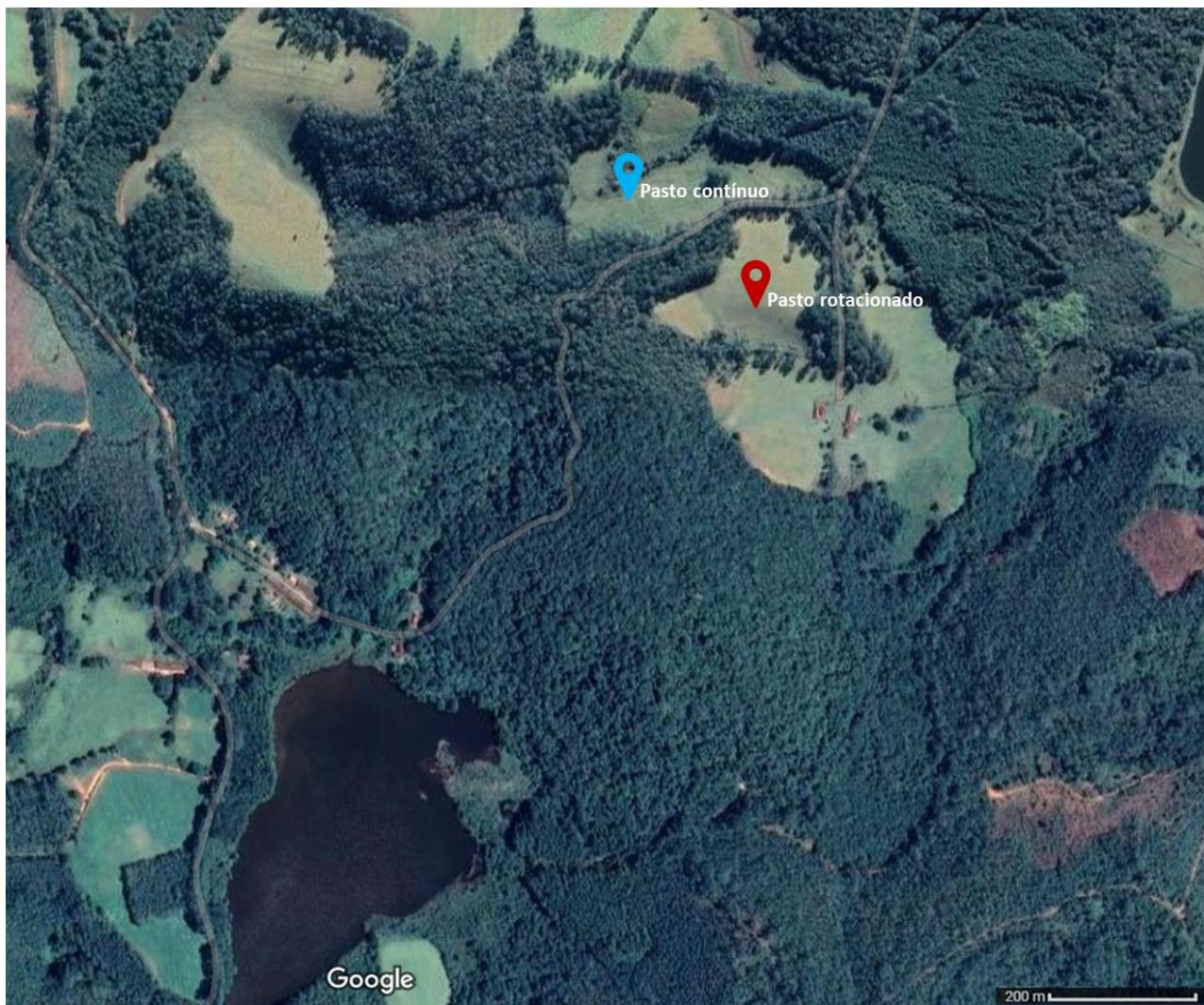


Figura 13. Locais de análise - Fazenda Santa Cruz, Joanópolis - SP



Figura 14. Locais de análise - Propriedade Cravorama – Piracaia-SP

## Anexo 4

Tabela 4. Espécies plantadas nas propriedades

Propriedade	Espécie	Nome vulgar	Tipo	Número de indivíduos
Cravorama	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico branco ou Angico do morro	Madeira	64
Cravorama	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico vermelho	Madeira	64
Cravorama	<i>Parapiptadenia rígida</i>	Acaia Angico ou Angico branco	Madeira	64
Cravorama	<i>Pterogyne nitens</i>	Amendoim, amendoim bravo, madeira nova	Madeira	64
Cravorama	<i>Genipa americana</i>	Jenipapeiro	Frutífera	64
Cravorama	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	Sibiruna	Madeira	53

Cravorana	<i>Handroanthus Impetiginosus</i>	Sibipiruna, Coração-de-negro, Sebipira, Sibipira	Madeira	53
Cravorana	<i>Eugenia uvalha</i>	Uvaia	Frutífera	53
Cravorana	<i>Psidium cattleianun</i>	Araçá-rosa	Frutífera	53
Cravorana	<i>Psidium myrtoides</i>	Araçá-roxo	Frutífera	53
Cravorana	<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Frutífera	53
Cravorana	<i>Machaerium paraguariense</i>	Farinha-seca, paul-de-malho	Madeira	64
Cravorana	<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá rosa	Madeira	53
Santa Cruz	<i>Peltophorum dubium</i>	Canafistula	Madeira	60
Santa Cruz	<i>Enterobilum contortisiliquum</i>	Tamboril	Frutífera	60
Santa Cruz	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico vermelho	Madeira	60
Santa Cruz	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico branco ou Angico do morro	Madeira	60
Santa Cruz	<i>Albizia hasslerii</i>	Angico branco	Madeira	60
Santa Cruz	<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvú	Madeira	60
Santa Cruz	<i>Inga uroguensis</i>		Frutífera	60
Santa Cruz	<i>Inga edulis</i>		Frutífera	60
Santa Cruz	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	Frutífera	60
Santa Cruz	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	Sibipiruna	Madeira	60
Santa Cruz	<i>Handroanthus roseoalba</i>	Ipoê-branco	Madeira	50

## Anexo 5

Tabela 5 Perfil de Investidor para Modelo Verena

Capital Structure		Template Assumptions	Cravorana PC
E	Proportion of Equity	Optimal Capital Structure (Site Damodaran: "Farming/Agriculture Products", Emerging Mkts)	100,0%
D	Proportion of Debt		0,0%
Cost of Equity - CAPM		Template Assumptions	Cravorana PC
R <sub>F</sub>	Risk Free rate	Annual Return on T-Bond 10Y US - (last 5 year Average)	1,92%

$R_p$	Premium rate	S&P 500; Russel 2000; S&P Global Timber & Forestry (last 5 years average)	4,83%
$P_{RM}$	Risk Premium - Market	Annual Return of Risk Premium - Risk Free	2,91%
$P_{RB}$	Risk-Brasil	JP Morgan EMBI+ (Average last 10 years)	2,46%
$\beta_U$	Unleverage Beta	Damodaran farming and agriculture products	0,61
$T$	Corporate Taxes		34%
$k_E$	Cost of Equity Nominal	US Dollars	<b>6,16%</b>
$k_E$	Cost of Equity Nominal	BRL Brazilian Reais	<b>10,17%</b>
$I_{EUA}$	Inflation	American Inflation, measured by CPI (10 years average)	2,06%
$I_{br}$	Inflation	Brazilian Inflation, mesured by IPCA (10 years average)	5,92%
$k_E$	<b>Cost of Equity real terms</b>	<b>US Dollars</b>	<b>4,01%</b>
$k_E$	<b>Cost of Equity real terms</b>	<b>BRL Brazilian Reais</b>	<b>7,95%</b>
	Cost of Debt	Template Assumptions	Cravorana PC
$C_R$	Credit Risk	Average rate for BNDES loans (Interest Rate = financial cost of transaction + basic compensation of BNDES)	8,50%
$k_D$ Bruto	Cost of Debt Nominal	Risk Free Rate + EMBI + Credit Risk	12,88%
$\beta_L$	Leverage Beta	Leverage $\beta_U$	0,61
$k_D$	Cost of Debt Nominal after Taxes	BRL Brazilian Reais	8,50%
$k_D^*$	Cost of Debt in Real Terms	Discounted IPCA	2,44%
	Weighted Average Cost of Capital - WACC	Template Assumptions	<b>Cravorana PC</b>

<b>E</b>	Proportion of Equity		100,00%
<b>D</b>	Proportion of Debt		0,00%
<b>k<sub>E</sub>*</b>	Cost of Equity Real Terms	US Dollars	4,01%
<b>k<sub>E</sub>*</b>	Cost of Equity Real Terms	BRL Brazilian Reais	7,95%
<b>k<sub>D</sub>*</b>	<b>Cost of Debt in Real Terms</b>	<b>BRL Brazilian Reais</b>	<b>2,44%</b>
<b>WACC</b>	<b>after taxes real terms</b>	<b>US Dollars</b>	<b>4,01%</b>
<b>WACC</b>	<b>after taxes real terms</b>	<b>BRL Brazilian Reais</b>	<b>7,95%</b>
<b>WACC</b>	after taxes	Nominal (US Dollars)	6,16%
<b>WACC</b>	after taxes	Nominal (BRL Brazilian Reais)	10,17%

### Anexo 6

Planilhas e regra do jogo: < <https://drive.google.com/drive/folders/1QIqAntU1IVNxfAZ-fx6U3fkDRiKe-OS8?usp=sharing>>