

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

Serviços ecossistêmicos observados na restauração florestal de pastagens abandonadas a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC.

Felipe Araujo Mateus

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS OBSERVADOS NA RESTAURAÇÃO
FLORESTAL DE PASTAGENS ABANDONADAS A PARTIR DA
ESPÉCIE FACILITADORA *Clidemia urceolata* DC.**

FELIPE ARAUJO MATEUS

Sob a Orientação do Professor
Ricardo Valcarcel

e Co-orientação da professora
Cristiana do Couto Miranda

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2015

634.9
M425s
T

Mateus, Felipe Araujo, 1984-

Serviços ecossistêmicos observados na restauração florestal de pastagens abandonadas a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC./ Felipe Araujo Mateus – 2015.

75 f.: il.

Orientador: Ricardo Valcarcel.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 66-73.

1. Florestas – Teses. 2. Cobertura dos solos – Teses. 3. Reflorestamento – Teses. 4. Pastagens – Teses. 5. Serapilheira – Teses. 6. Balanço hidrológico – Teses. I. Valcarcel, Ricardo, 1958-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

FELIPE ARAUJO MATEUS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/02/2015

Ricardo Valcarcel. Dr. UFRRJ.
(Orientador)

Jerônimo B. B. Sansevero – Dr. Instituto Internacional para Sustentabilidade

Valdir de Cicco – Dr. Instituto Florestal do Estado de São Paulo

Dedicatória

A Deus, fortaleza de todos instantes.

Aos meus familiares Adilson de Araujo Mateus, Ilda da Cal Araujo Mateus e Juliana Araujo Mateus.

A Carolina Guimarães Ferraz Silva, companheira de todas as horas.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre guiando meus caminhos. À minha família, por todo o amor, dedicação e confiança. Sem vocês eu não estaria aqui! Aos amigos por estarem sempre comigo, não importa o que aconteça.

Ao meu orientador Ricardo Valcarcel e minha co-orientadora Cristiana do Couto Miranda, por me levarem para o caminho certo e por estarem sempre me ajudando a crescer.

Aos colegas do LMBH que me ajudaram no processo de aprendizagem e principalmente a todos que puderam dar sua contribuição no trabalho de campo. Aos professores que se esforçaram para passar seus conhecimentos.

A minha noiva Carolina Guimarães e família, por me ajudarem nesse período tão turbulento. A Carolina Guimarães por todo amor a mim direcionado e, principalmente, por ter aceitado a “difícil missão” de ser a mulher da minha vida!

Aos doutores Jerônimo Boelsums Barreto Sansevero, Valdir de Cicco, Rafael Coll Delgado e Wellington Kiffer pela participação na banca examinadora.

A CAPES pela Bolsa de mestrado, ao PPGCAF/UFRRJ e Instituto Federal do Rio de Janeiro, Campus Nilo Peçanha, pelo apoio e infraestrutura disponibilizada para condução do presente estudo.

RESUMO GERAL

MATEUS, Felipe Araujo. **Serviços ecossistêmicos observados na restauração florestal de pastagens abandonadas a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC.** 2015. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

O empobrecimento dos solos no passado constitui fator limitante no presente para cultivos agrícolas, reduzindo pressão de uso e facilitando atuação de espécies facilitadoras na restauração passiva dos ecossistemas, como a *Clidemia urceolata* DC. Nestes ambientes, a serrapilheira acumulada pode controlar os fluxos da água, ciclagem de nutrientes e constituir diferencial ambiental capaz de permitir a sua restauração passiva. O presente estudo objetiva levantar e quantificar os serviços ecossistêmicos prestado pela serrapilheira na restauração de pastagens perturbadas cuja espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC consegue colonizar e se estabelecer. O estudo foi dividido em três capítulos, onde foram avaliados a degradação socioambiental das pastagens e o início dos processos de colonização com a espécie *C. urceolata* DC (Capítulo I); A dinâmica da serrapilheira de ambientes em diferentes níveis de restauração florestal de pastagens abandonadas (Capítulo II); Levantar e caracterizar os balanços hídrico e químico destes ecossistemas em diferentes níveis de restauração florestal (Capítulo III). As propriedades tiveram sua produção agrícola e nível de deterioro ambiental identificadas, agrupados segundo técnicas de sensoriamento remoto. Foram medidos precipitação total, interna, interceptação vertical, balanço hídrico, de massa e capacidade de retenção hídrica da serrapilheira nos seguintes estágios de restauração: S1 pastagem abandonada (1 ano); S2 núcleo de *C. urceolata* no estágio inicial de colonização (6 anos); S3 núcleo de *C. urceolata* no estágio intermediário de colonização (12 anos); S4 núcleo de *C. urceolata* no estágio avançado de colonização (17 anos); S5 fragmento de floresta secundária (32 anos). Há na região a permanência de 73,4% da área com pastos, mesmo após haver transcorrido 154 anos de abandono das atividades cafeeiras. Os processos de restauração passiva ocorreram em 21,6% da superfície. O sítio 5 obteve os valores mais expressivos de deposição de serrapilheira e estoque de serrapilheira acumulada, sendo superado em relação a capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada pelo sítio 4 e o sítio 3 com valores superiores a 265%. A precipitação interna e interceptação vertical dos sítios 2, 3 e 5 não tiveram diferença estatisticamente significativa em 12 meses do ano. Em relação a interceptação pela serrapilheira acumulada os sítios (2, 3 e 4) apresentaram diferença significativa em relação ao sítio 5 (fragmento florestal). A concentração de todos os nutrientes apresentou um enriquecimento significativo após passagem pelo dossel e pela serrapilheira acumulada dos tratamentos. Concluímos que o modelo de nucleação a partir da *C. urceolata* tem maior probabilidade de sucesso em propriedades decadentes ou abandonadas, com área inferior a 300 hectares. A entrada da espécie *C. urceolata* no ecossistema modificou a composição de espécies e reduziu as influências negativas das pastagens, aumentando a serrapilheira acumulada, modificando a capacidade de retenção hídrica, os fluxos da água e a ciclagem de nutrientes, condições essenciais para propiciar a melhoria das condições ambientais da restauração florestal passiva.

Palavras-chave: Restauração passiva, Modelo de restauração, Balanços hídrico e químico.

ABSTRACT GENERAL

MATEUS, Felipe Araujo. **Ecosystem services observed in forest restoration abandoned pastures from the facilitator kind *Clidemia urceolata* DC.** 2015. 62p. Dissertation (Master of Environmental Science and Forestry). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.

The impoverishment of the past in the soil is a limiting factor in this for crops, reducing use of pressure and facilitating role of facilitators species in the passive restoration of ecosystems, as *Clidemia urceolata* DC. In these environments, the accumulated litter can control the water flow, nutrient cycling and provide environmental differential capable of allowing their passive restoration. This study aims to raise and quantify the ecosystem services provided by litter in the restoration of degraded grassland species whose facilitator *Clidemia urceolata* DC can colonize and settle. The study was divided into three chapters that evaluated the environmental degradation of pastures and the beginning of the colonization process with the species *C. urceolata* DC (Chapter I); The dynamics of litter environments at different levels of restoration abandoned pastures (Chapter II); Raise and characterize the water and chemical balance of these ecosystems at different levels of forest restoration (Chapter III). The properties had their agricultural production and level of environmental deterioration identified, grouped by remote sensing techniques. We measured total precipitation, internal, vertical interception, water balance, mass and water holding capacity of litter in the following restoration stages: S1 abandoned pasture (1 year); S2 core *C. urceolata* in the initial stage of colonization (6 years); S3 core *C. urceolata* in the intermediate stage of colonization (12 years); S4 core *C. urceolata* in advanced stage of colonization (17 years); S5 fragment of secondary forest (32 years). There are in the region's remaining 73.4% of the area with pastures, even after having passed 154 years of abandonment of coffee activities. The passive restoration processes occurred in 21.6% of the surface. The site 5 got the higher values litter deposition and stock of accumulated litter, surpassed in relation to water retention capacity of the accumulated litter at site 4 and site 3 with values greater than 265%. The internal precipitation and vertical intercept of the sites 2, 3 and 5 had no statistically significant difference in 12 months. Regarding the interception by the accumulated serrapilhera sites (2, 3 and 4) showed significant difference from the site 5 (forest fragment). The concentration of all nutrients showed a significant enrichment after passage through the canopy and the accumulated litter treatments. We conclude that the model of nucleation from the *C. urceolata* is more likely to succeed in decaying or abandoned properties with area less than 300 hectares. The entry of *C. urceolata* species in the ecosystem changed the species composition and reduced the negative influences of pastures, increasing the accumulated litter, changing the water retention capacity, flows of water and nutrient cycling, essential conditions to provide improved environmental conditions of passive forest restoration.

Key-words: Passive restoration, Restoration model, Water balance and chemical.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1: Localização geográfica da área de estudo com os limites das propriedades.....	7
Figura I.2: Etapas desenvolvidas na Classificação Supervisionada no programa ERDAS IMAGINE 2010.	9
Figura I.3: Uso do solo, curva de nível, limite e sede das propriedades estudadas.	11
Figura I.4: Capacidade de carga atual, <i>C. urceolata</i> , Floresta e áreas acumuladas das propriedades dos grupos 2 e 3.	13
Figura I.5: Razão entre áreas (ha) florestal/pasto nas propriedades abandonadas e de baixa produção.	14
Figura II.1: Tratamentos localizados no IFRJ – Pinheiral, onde S1 – Sítio1, S2 – Sítio 2, S3 – Sítio 3, S4 – Sítio 4 e S5 – Sítio 5.	22
Figura II.2: Esquema das parcelas nos sítios amostrais.	23
Figura II.3: Croqui de uma parcela sub dividida em 16 sub parcelas, sendo realizado o sorteio nas sub parcelas centrais.	23
Figura II.4: Produção de serrapilheira e precipitação nos sítios amostrais durante 12 meses entre os anos de 2013 e 2014.	26
Figura II.5: Presença de folha de <i>Clidemia urceolata</i> na serrapilheira.	26
Figura II.6: Comportamento da serrapilheira acumulada (S.A.) e sua capacidade de retenção hídrica (C.R.H.) ao longo dos tratamentos.	29
Figura III.1: Tratamentos localizados no IFRJ – Pinheiral, onde S1 – Sítio1, S2 – Sítio 2, S3 – Sítio 3, S4 – Sítio 4 e S5 – Sítio 5.	36
Figura III.2: Croqui dos pluviômetros e lisímetros (cada parcela contém os dois equipamentos).	37
Figura III.3: Pluviômetro e lisímetro montados em campo.	37
Figura III.4: Vista em perfil da disposição em campo do lisímetro (Fonte: RENÓ, 2008).	38
Figura III.5: Precipitação durante os 12 meses de pesquisa na área de estudo.	41
Figura III.6: Comportamento da precipitação interna (A) e interceptação (B) em relação a precipitação total no sítio 1.	43
Figura III.7: Comportamento da precipitação interna (A), interceptação vertical (B) e interceptação (C) em relação a precipitação total no sítio 2.	44
Figura III.8: Comportamento da precipitação interna (A), interceptação vertical (B) e interceptação (C) em relação a precipitação total no sítio 3.	44
Figura III.9: Comportamento da precipitação interna (A), interceptação vertical (B) e interceptação (C) em relação a precipitação total no sítio 4.	45
Figura III.10: Comportamento da precipitação interna (A), interceptação vertical (B) e interceptação (C) em relação a precipitação total no sítio 5.	45
Figura III.11: A dinâmica dos nutrientes presentes na precipitação interna dos sítios amostrais. Onde o Mg^{2+} e Ca^{2+} estão vinculados ao eixo da esquerda, enquanto o K^+ e C. org. estão vinculados ao eixo da direita.	48
Figura III.12: Comportamento do lavado de nutrientes efetuado pela serrapilheira dos 5 níveis de restauração espontânea. Onde o Mg^{2+} e Ca^{2+} estão vinculados ao eixo da esquerda, enquanto o K^+ e C. org. estão vinculados ao eixo da direita.	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I.1: Valores do ajuste da classificação supervisionada em relação a realidade dos usos da área.	12
Tabela I.2: Parâmetros utilizados para realizar o agrupamento das propriedades em grupos homogêneos. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros.	13
Tabela II.1: Características fisionômicas e florísticas dos estágios de restauração passiva a partir da colonização e facilitação da <i>Clidemia urceolata</i> idade (MIRANDA, 2012) e espécies do estrato arbóreo.....	21
Tabela II.2: Produção anual de serrapilheira nos sítios amostrais e presença da folha de <i>Clidemia urceolata</i>	25
Tabela II.3: Frações da serrapilheira acumulada nos sítios amostrais expressa em porcentagem (%).	27
Tabela II.4: Biomassa de raiz (g.kg^{-1}) na serrapilheira acumulada nos sítios amostrais.....	27
Tabela II.5: Estoque de serrapilheira acumulada (S.A.) (Mg.ha^{-1}) e capacidade de retenção hídrica (C.R.H.) (%) nos sítios amostrais.	28
Tabela III.1: Valores em (mm) e (%) da precipitação total (PT), precipitação interna (PI), interceptação vertical (IV) e interceptação da serrapilheira (I) nos sítios amostrais.	41
Tabela III.2: O pH e concentração de nutrientes (mg.L^{-1}) na precipitação interna dos sítios amostrais.	46
Tabela III.3: Coeficiente de variação (%) do pH e dos nutrientes da precipitação interna dos sítios amostrais e da literatura.	47
Tabela III.4: O pH e concentração de nutrientes (mg.L^{-1}) na água infiltrada no solo dos sítios amostrais.	48
Tabela III.5: Coeficiente de variação (%) do pH e dos nutrientes da água infiltrada no solo..	49

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

I.1	10
II.1.....	23
II.2.....	24
III.1.....	37
III.2.....	37
III.3.....	38
III.4.....	39
III.5.....	39
III.6.....	39

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
ÁREA DE ESTUDO.....	2
CAPÍTULO I - COLONIZAÇÃO DA <i>Clidemia urceolata</i> DC. EM PASTAGENS PERTURBADAS.....	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	7
2.1 Localização	7
2.2 Amostragem.....	7
2.3 Classificação do Uso e Cobertura do Solo	8
2.4 Avaliação Socioeconômica das Propriedades	9
2.5 Análise Estatística	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
3.1 Uso do Solo Atual.....	11
3.2 Agrupamento das Propriedades	12
4 CONCLUSÃO	15
CAPÍTULO II - SERRAPILHEIRA DE AMBIENTES EM RESTAURAÇÃO FLORESTAL.....	17
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO	20
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1 Amostragem.....	21
2.1.1 Sítios Amostrais	21
2.2 Produção de Serrapilheira.....	22
2.3 Estoque de Serrapilheira Acumulada e Biomassa de Raiz	23
2.4 Capacidade de Retenção Hídrica	24
2.5 Análise Estatística	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
3.1 Produção de Serrapilheira.....	25
3.2 Frações da Serrapilheira Acumulada e Biomassa de Raiz	27
3.3. Estoque de Serrapilheira Acumulada e Capacidade de Retenção Hídrica	28
4 CONCLUSÃO	30
CAPÍTULO III - BALANÇOS HÍDRICO E QUÍMICO	31
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
2.1 Amostragem.....	35
2.1.1 Sítios Amostrais	35
2.2 Determinação da Precipitação Interna:	36
2.3 Determinação da Interceptação Vertical pela Copa:.....	37
2.4 Interceptação.....	38
2.5 Balanço Químico.....	39
2.5.1 Concentração química na precipitação interna	39
2.5.2 Concentração química na água percolada	40
2.6 Análise Estatística	40
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41

3.1 Balanço Hídrico	41
3.2 Balanço Químico.....	46
3.2.1 Concentração química na precipitação interna	46
3.2.2 Concentração química na água percolada	48
4 CONCLUSÃO	51
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS	52
REFERÊNCIAS	53
ANEXOS.....	61

INTRODUÇÃO GERAL

O processo de ocupação do território brasileiro se caracterizou pela inobservância dos critérios de sustentabilidade ambiental no passado, notadamente na região da Mata Atlântica (MARTINS, 2001). A região do médio Paraíba do Sul sofreu fortes perturbações devido aos ciclos econômicos ditados pelas atividades da cafeicultura, pecuária leiteira e de corte (MENEZES, 2008). Tais ciclos deram origem ao atual cenário, onde pastagens apresentam baixa produtividade, intensos e distintos níveis de geodinamismo dos processos erosivos, pequenos fragmentos florestais na paisagem, conformando ambiente típico de pastagens perturbadas com tendência de degradação (VALCARCEL e SILVA, 2000; MIRANDA et al., 2011). No entanto, partes destas áreas ainda resguardam mínima resiliência, capaz de potencializar a regeneração natural (MIRANDA et al., 2011).

A restauração ecológica de áreas com solos química e fisicamente empobrecidos, com níveis mínimos de material orgânico, mosaicos de pequenos fragmentos florestais e cercados por pastagens abandonadas (baixa ocupação), requerem estratégias específicas para restauração florestal (VALCARCEL e SILVA, 2000). Onde o conhecimento sobre as habilidades das espécies rústicas em resistir às adversidades locais (ataque de insetos, estresse hídrico e térmico, fogo e pastoreio extensivo), associados aos seus efeitos de facilitação, podem determinar o sucesso da restauração passiva de ecossistemas perturbados (VALCARCEL e SILVA, 2000).

No médio Paraíba do Sul, os núcleos de colonização passiva de espécies facilitadoras constituídos por espécies arbóreas e arbustivas, indicam níveis diferenciados de resiliência dos ecossistemas (MENEZES, 2008, MIRANDA, 2012). Dentre as espécies arbustivas observadas se destaca a *Clidemia urceolata* DC. (Melastomataceae) (MIRANDA et al., 2011). Os efeitos ambientais originados a partir dos núcleos de *C. urceolata* propiciam oferta diferenciada de resiliência aos ecossistemas perturbados, e se constituem em uma estratégia de restauração florestal (MIRANDA et al., 2011), que pode ser potencializada no tocante as propriedades de facilitação. Assim, o presente estudo tem como objetivo geral levantar e quantificar os serviços ecossistêmicos na restauração produzidos pela serrapilheira em pastagens colonizada pela espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC.

Em função do exposto acima, o estudo foi dividido em três capítulos com os seus respectivos objetivos:

1. Avaliar a degradação socioambiental das pastagens e o processo de colonização da espécie *Clidemia urceolata* DC facilitadora da restauração passiva.
2. Avaliar a dinâmica da serrapilheira de ambientes em diferentes níveis de restauração florestal de pastagens abandonadas a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC.
3. Levantar e caracterizar os balanços hídrico e químico em ambientes com diferentes níveis de restauração florestal a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na bacia do rio Paraíba do Sul, que abastece a região mais desenvolvida do País. Essa bacia localiza-se na região Sudeste interligando os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro; perfazendo uma área total de 55.500 Km² e abrangendo 180 municípios (CEIVAP, 2002).

A bacia do rio Paraíba do Sul está inserida na área de domínio ecológico do Bioma Mata Atlântica (RADAMBRASIL, 1983), com um panorama de uso do solo de 70% de pastagem, 17% por culturas ou reflorestamento e 13% por florestas nativas, que ainda subsistem em áreas da Serra dos Órgãos e dos Parques Nacionais da Serra da Bocaina e Itatiaia (CEIVAP, 2002).

A Bacia do rio Paraíba do Sul é caracterizada por um clima predominantemente tropical quente e úmido, com variações determinadas pela altitude e entradas de ventos marinhos (CEIVAP, 2002). A temperatura média anual é de 20,9°C, apresenta máxima de 30-33°C em dezembro e janeiro, e mínima de 12-13°C em julho. A umidade relativa do ar é superior a 80% na maior parte do ano. A precipitação média anual varia entre 1300 a 1500 mm.ano⁻¹, com excedente hídrico entre os meses de dezembro e março e escassez entre julho a setembro (INMET, 1992).

O Rio Paraíba do Sul nasce na Serra da Bocaina no Estado de São Paulo, a 1.800m de altitude e deságua no município de São João da Barra - RJ (LINO e DIAS, 2003). Entre a Serra do Mar e da Mantiqueira o relevo é acidentado, colinoso e montanhoso (RADAMBRASIL, 1983). As áreas planas consistem de planícies fluviais ao longo do rio Paraíba do Sul.

CAPÍTULO I - COLONIZAÇÃO DA *Clidemia urceolata* DC. EM PASTAGENS PERTURBADAS

RESUMO

O empobrecimento dos ambientes agrícolas no passado constitui limitante econômico no presente e perda da produtividade agrícola, representando uma oportunidade para restauração ecológica. Este fato reduz a competição pelo uso da terra e condiciona a colonização passiva de espécies resistente às adversidades. O estudo avaliou a degradação socioambiental das pastagens e o processo de colonização da espécie *C. urceolata* DC facilitadora da restauração passiva. O uso da terra foi identificado utilizando sensoriamento remoto, classificação supervisionada e visita de campo. O índice sócioeconômico foi determinado a partir de questionário com respostas objetivas e abertas, cujas foram processadas por meio de técnica estatística multivariada para agrupamentos. A área de estudo (1.263,67 ha) foi no entorno da sede de fazenda de café (1790-1860), corresponde a 17% do município de Pinheiral-RJ, que apresentou 2,61% de área urbanizada, 0,5% de solo exposto, 73,4% de pasto perturbado, 21,6% de floresta em fase inicial de sucessão e 1,9% de núcleos de *Clidemia urceolata*. A análise de agrupamento gerou 3 grupos distintos a partir dos questionários que representam o estado de conservação atual das propriedades. Após 154 anos de cessada a exploração do café, apenas 21,6% das áreas perturbadas (pastos improdutivos e solos desnudos) conseguiram se restaurar passivamente, sinalizando tendência inercial de degradação em 73,9% da área. O modelo de restauração passiva a partir dos efeitos de nucleação com a espécie facilitadora *Clidemia urceolata* apresenta maior probabilidade de sucesso nas propriedades decadentes ou abandonadas com área até 300 hectares, onde a pressão de uso é menor.

Palavras-chave: Capacidade de carga atual, Sustentabilidade, Restauração passiva.

ABSTRACT

The impoverishment of agricultural environments in the past is limiting economic present and loss of agricultural productivity and provide an opportunity for ecological restoration. This fact reduces the competition for land use and conditions the passive colonization of species resistant to adversity. The study evaluated the environmental degradation of pastures and the colonization of *C. urceolata* DC facilitator of passive restoration. Land use was identified using remote sensing, supervised classification and field visit. The socioeconomic index was determined from a questionnaire with objective and open answers, which were processed by multivariate statistical technique for groups. The study area (1263.67 ha) was in the vicinity of the coffee farm office (1790-1860), corresponding to 17% of the city of Pinheiral-RJ, which showed 2.61% of urban area, 0.5% of exposed soil, 73.4% of disturbed pasture, 21.6% forest in early stages of succession and 1.9% of cores *Clidemia urceolata*. The cluster analysis generated three distinct groups from questionnaires that represent the current state of conservation of properties. After 154 years of coffee ceased operation, only 21.6% of disturbed areas (unproductive pastures and bare soil) managed to restore passively, signaling inertial trend of degradation in 73.9% of the area. The passive restoration model from the effects of nucleation with the facilitator kind *Clidemia urceolata* is more likely to succeed in decaying or abandoned properties with an area up to 300 hectares, where the use of pressure is lower.

Key-words: Current carrying capacity, Sustainability, Passive restoration.

1 INTRODUÇÃO

O desmatamento nos trópicos é a primeira fase do processo de degradação ambiental do ecossistema, sendo ele tanto pior para a restauração quanto mais frágil for o ecossistema. Ambientes mais resistentes e com menor perturbação apresentam maior velocidade na sucessão ecológica. A individualização de fragmentos pelas pastagens afeta a dinâmica da paisagem e sua composição florística (LAURANCE et al., 2012). Ecossistemas remanescentes ainda hoje são convertidos em agricultura, pastagem e área urbana (FAO, 2011).

Os ciclos econômicos são recorrentes ao longo da história do crescimento da sociedade (TURCHIN e NEFEDOV, 2009), embora as suas consequências sejam acumulativas para os ecossistemas e a sociedade, que depende de seu suporte. A decadência do ecossistema se manifesta de diferentes formas, tanto pelos processos erosivos, perda da biodiversidade (DALY e FARLEY, 2003) e de seus serviços ambientais, além das perdas decorrentes da erosão cultural, afetando qualidade da mão de obra, atividades política e econômica (MOTESHARREI et al., 2014).

A restauração de ecossistema florestal perturbado que ainda resguarda nível mínimo de resiliência (CORTINES e VALCARCEL, 2009), depende de medidas diretas, denominada de restauração ativa (HOLL e AIDE, 2011), como o reflorestamento (RODRIGUES et al., 2011; CAMPOE et al., 2014) e transferência do horizonte orgânico de floresta nativa (PARROTTA e KNOWLES, 2001), ou indiretas, também denominada de restauração passiva (ARONSON et al., 2011; HOLL e AIDE, 2011; SCOWCROFT e YEH, 2013). Neste caso, se utiliza os princípios norteadores da sucessão secundária (MORRISON e LINDELL, 2011), podendo envolver a geminação do banco de sementes do solo (HOLL e AIDE, 2011; FIGUEIREDO et al., 2014), interações entre fauna e flora (CHAZDON, 2008) e colonização de espécies facilitadoras (MIRANDA et al., 2011).

A restauração florestal realizada em ambiente rural empobrecido socioeconomicamente demanda conhecimento autoecológico de espécies que combinam efeito de resistência às adversidades locais (ataques de insetos, estresses hídrico e térmico, fogo, pastoreio extensivo e distância de fontes de propágulos) e oferta de mecanismos de facilitação (VALCARCEL e SILVA, 2000; MATEUS et al., 2013). O ecossistema tropical possui ampla diversidade florística com características funcionais diferentes, onde a diversidade pode ser utilizada como estratégia da condução da restauração passiva, dependendo do acerto na escolha de espécies que interagem de forma sinérgica com o processo de sucessão ecológica do ecossistema.

Espécies facilitadoras desempenham diversas funções no ecossistema, como a redução da exposição do solo a radiação solar, diminui a oscilação térmica e perda por evaporação, promove a ciclagem de nutrientes e potencializa a capacidade de suporte do ecossistema (VERDÚ e GARCÍA-FAYOS, 1998; WITHGOTT, 2000; AERTS et al., 2007). Estas interações positivas podem inicializar a restauração passiva e criar sinergias que permitam espécies ambientalmente mais exigentes se estabelecerem e desenvolverem a médio e longo prazo, onde as espécies arbóreas nativas substituem o arbusto facilitador (VALIENTE-BANUET et al., 1991).

De acordo com Michelangeli e Reginato (2014), a *Clidemia urceolata* (Melastomataceae) possui ampla distribuição no continente americano, variando desde a América Central até o Brasil, passando por seus vários domínios fitogeográficos.

A decadência econômica do ambiente agrícola perturbado é um fator determinante no início do processo de colonização da espécie facilitadora *C. urceolata* DC. Este estudo objetivou avaliar a degradação socioambiental das pastagens e o processo de colonização da espécie *C. urceolata* DC facilitadora da restauração passiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização

A área de estudo está localizada na região hidrográfica do médio Paraíba do Sul no município de Pinheiral – RJ, na latitude 22° 30' 46" S e longitude 44° 00' 02" O (Figura I.1).

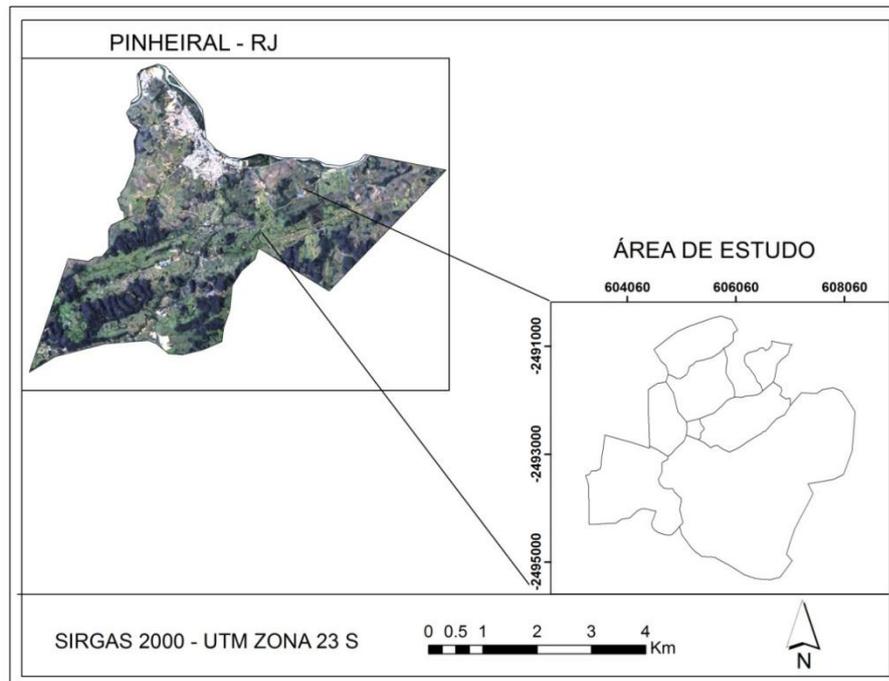


Figura I.1: Localização geográfica da área de estudo com os limites das propriedades.

O clima segundo classificação de Köppen é Am tropical, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média anual é de 20,9°C, com máxima de 33°C, em dezembro e janeiro, e mínima de 12°C em julho. A precipitação média anual é de 1.322 mm, apresentando excedente entre dezembro e março, e escassez hídrica entre junho a setembro (INMET, 1992).

A vegetação pertence ao domínio do bioma Mata Atlântica, cuja cobertura original é Floresta Estacional Semidescidual Submontana (IBGE, 2012). No entanto, em função dos usos pretéritos, acontece o predomínio das áreas perturbadas constituídas por pastagem de baixa produtividade, entremeados por pequenos fragmentos florestais em fases iniciais de sucessão (TOLEDO e PEREIRA, 2004).

2.2 Amostragem

Antes da colonização européia as florestas primárias do médio Vale do Paraíba foram pouco alteradas, devido ocupação nômade dos indígenas. Elas foram suprimidas há aproximadamente 250 anos, sendo o período crítico durante os anos 1790 - 1860 (DRUMMOND, 1997). O Município de Pinheiral sintetiza a história de ocupação do Médio Vale do rio Paraíba do Sul. Nessa região os vários ciclos econômicos compostos pelas atividades extrativistas, práticas agrícolas com baixa agregação de tecnologia de conservação, em especial a cafeicultura, seguida pela pecuária leiteira e de corte, conduziram ao atual cenário com áreas perturbadas e degradadas (DRUMMOND, 1997).

O município de Pinheiral tem IDH (0,715) equivalente a "39^o" posição no Estado do Rio de Janeiro com 92 municípios e "58^o" na bacia do rio Paraíba do Sul com 184 municípios. Seu PIB (R\$ 207.797,00) remonta a "69^o" do estado e "68^o" da bacia do rio Paraíba do Sul (PNUD, 2013). Como o município se encontra as margens da principal rodovia do País, entre seus eixos econômicos mais importantes (São Paulo – Rio de Janeiro - Minas Gerais), estes dados refletem o empobrecimento da região e a baixa capacidade de atrair indústrias, sendo provavelmente uma das causas a sua instabilidade ambiental, pois municípios vizinhos se encontram em situação diferente.

O município de Pinheiral está localizado numa região de muito alta vulnerabilidade, corroborando para o fato de apresentar 88% de seu território com graves problemas de erosão (CEIVAP, 2002), com consequências econômicas e socioambientais para as propriedades e outros municípios da bacia do rio Paraíba do Sul, inclusive a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com seus 11 milhões de habitantes, por conta da transposição para o Rio Guandu.

A colonização passiva da espécie arbustiva *C. urceolata* em solos de ecossistemas perturbados constitui o início de um processo de restauração (MIRANDA et al., 2011). A *C. urceolata* possui distribuição agregada, formando núcleos de tamanhos variados, onde são observadas espécies de diferentes hábitos.

Neste sentido, foram selecionadas 8 propriedades que sofreram degradação no período de colonização do café, localizadas no entorno do Instituto Federal do Rio de Janeiro no município de Pinheiral - RJ (antiga sede da Fazenda São José do Pinheiro, opulente propriedade do Século XIX chegando a ter dois milhões de cafeeiros (BREVES, 1994), o que representava a ocupação de 1500 hectares), constituindo 17% da sua superfície.

2.3 Classificação do Uso e Cobertura do Solo

O uso e cobertura do solo na área estudada foram divididos em cinco classes: floresta, solo exposto, núcleos de *C. urceolata* DC., área urbana e pastagem. Tais classes foram observadas pelas imagens Google Earth e posterior visita de campo para conferir as informações, sendo realizada a classificação supervisionada utilizando técnicas de sensoriamento remoto como descrito a seguir.

Foram utilizadas imagens da plataforma Landsat-8 (*Land Remote Sensing Satellite*) que opera com dois instrumentos imageadores: *Operational Terra Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). As imagens Landsat-8 apresentam 8 bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas 1 a 7 e 9), uma banda pancromática com resolução espacial de 15 metros (banda 8) e duas bandas termais (banda 10 e 11). O tamanho aproximado da cena é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste, sendo utilizada a cena correspondente à órbita 217 e ao ponto 76 para o dia 09/01/2014. A imagem foi adquirida do site < <http://glovis.usgs.gov/>>.

No mês de janeiro de 2014 em dias com céu limpo foram coletados 10 pontos de controle por classe, georreferenciados com GPS (*Global Positioning System*) Garmin Modelo Montana 650, contemplando os seguintes usos: floresta, solo exposto, núcleos de *C. urceolata* DC., área urbana e pastagem.

A Classificação Supervisionada foi realizada segundo metodologia descrita por Embrapa (2006), por intermédio do método da Máxima Verossimilhança, o qual considera a ponderação das distâncias das médias e utiliza parâmetros estatísticos para efetuar a classificação (CRÓSTA, 1992). Para o processamento dos dados foi utilizado o *software* ERDAS IMAGINE 2010, conforme fluxograma (Figura I.2).

Foi realizada a avaliação da acurácia da classificação e a estatística Kappa (MOREIRA, 2001). O mapa da classificação supervisionada foi realizado no *software* ArcGIS 10.1 (ESRI, 2013).

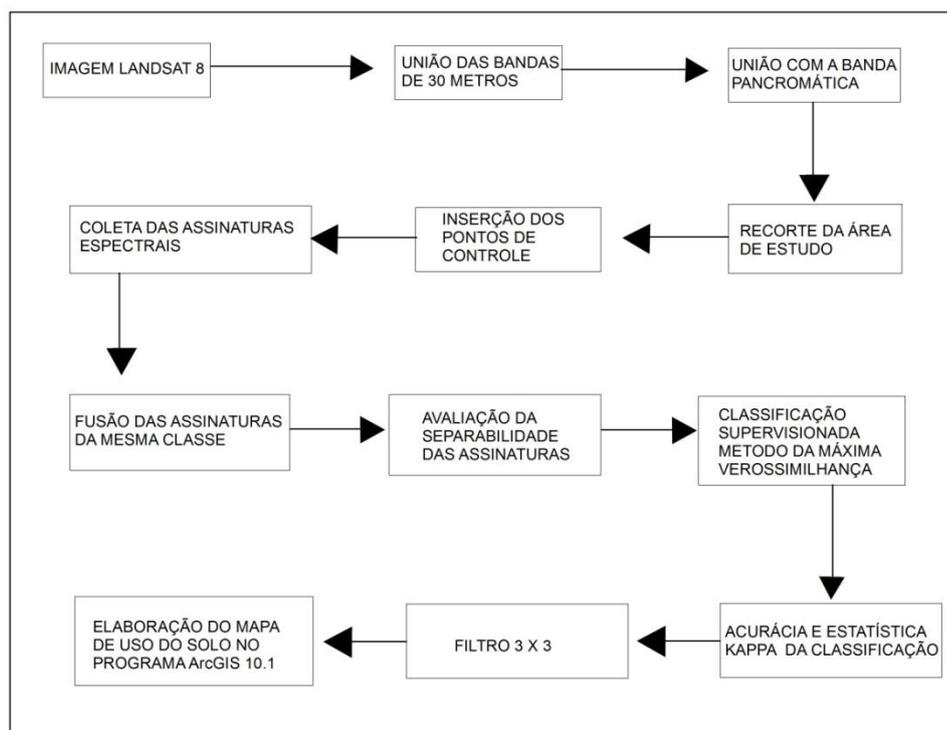


Figura I.2: Etapas desenvolvidas na Classificação Supervisionada no programa ERDAS IMAGINE 2010.

2.4 Avaliação Socioeconômica das Propriedades

O nível socioeconômico das propriedades foi avaliado através do questionário aplicado, o qual abordava os fatores sociais, econômicos, tecnológicos e ecológicos. O questionário foi construído com respostas objetivas contemplando os quatro fatores de acordo com Hidalgo (1980) (Anexo 1). Cada resposta representava um nível de decadência tendo um peso específico, variando de pior (um ponto) para melhor (três pontos).

O fator social apresentou sete perguntas (21 pontos) contemplando desde o tempo utilizado com o laboreio da terra/ano, tipo de vínculo com a terra (proprietário, arrendatário ou meeiro) e informações pessoais (escolaridade, idade, fontes de renda e número de filhos).

O fator econômico teve cinco perguntas (15 pontos) que versam sobre as características da produção da propriedade (leite/animal, relação animal/área e comercialização dos excedentes), fontes de crédito e renda.

O fator tecnológico foi composto por seis perguntas (13 pontos) abordando manejo na propriedade (tipo de uso, mecanização, cercamento dos pastos, rodízio de pasto, vacinação e suplementação alimentar).

As cinco perguntas do fator ecológico (14 pontos) contempla a presença de *C. urceolata*, voçoroca e estado dos remanescentes florestais (relação fragmento por propriedade, área e número de fragmentos).

Foram feitas perguntas amplas não estruturadas para identificar informações alternativas de produção, capacidade de carga atual (unidade animal.ha⁻¹) e marcos geográficos caracterizadores dos limites. Os dados foram processados individualmente e em conjunto, para caracterizar o ambiente.

2.5 Análise Estatística

Para avaliar a confiabilidade da classificação supervisionada foi utilizado o índice Kappa (Equação I.1), um dos principais métodos para avaliar a concordância entre a verdade terrestre e o mapa temático (GASPARINI et al., 2013).

$$K = (N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})) / (N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})) \quad (I.1)$$

Onde:

K= índice de exatidão Kappa;

r = número de linhas da matriz;

X_{ii} = número de observações na linha i e coluna i;

X_{i+} e X_{+i} = totais marginais da linha i e coluna i, respectivamente;

N = número total de observações.

O nível socioeconômico foi avaliado pela análise de cluster hierárquica utilizando o método de *Ward* e distância euclidiana, o número de cluster foi definido pelo diagrama e dendrograma. Em seguida os valores foram padronizados para posterior análise de cluster não-hierárquica k-means, que agrupou as propriedades. Foi realizada a ANOVA para indicar as variáveis que interferiram significativamente no resultado, sendo utilizado o software SPSS 15.0 para Windows (SPSS 15.0, 2006). Os dados utilizados para análise foram os fatores social, econômico, tecnológico e ecológico das propriedades e a capacidade de carga atual.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Uso do Solo Atual

A área estudada (Figura I.3) corresponde a 17% do território do município de Pinheiral, apresenta 1.263,67 ha, sendo 33,01 ha (2,6%) área urbana, 6,53 ha (0,5%) solos expostos, 927,12 ha (73,4%) pasto, 272,55 ha (21,6%) floresta em fase inicial de sucessão e, 24,48 ha (1,9%) compostos por núcleos de *C. urceolata*.

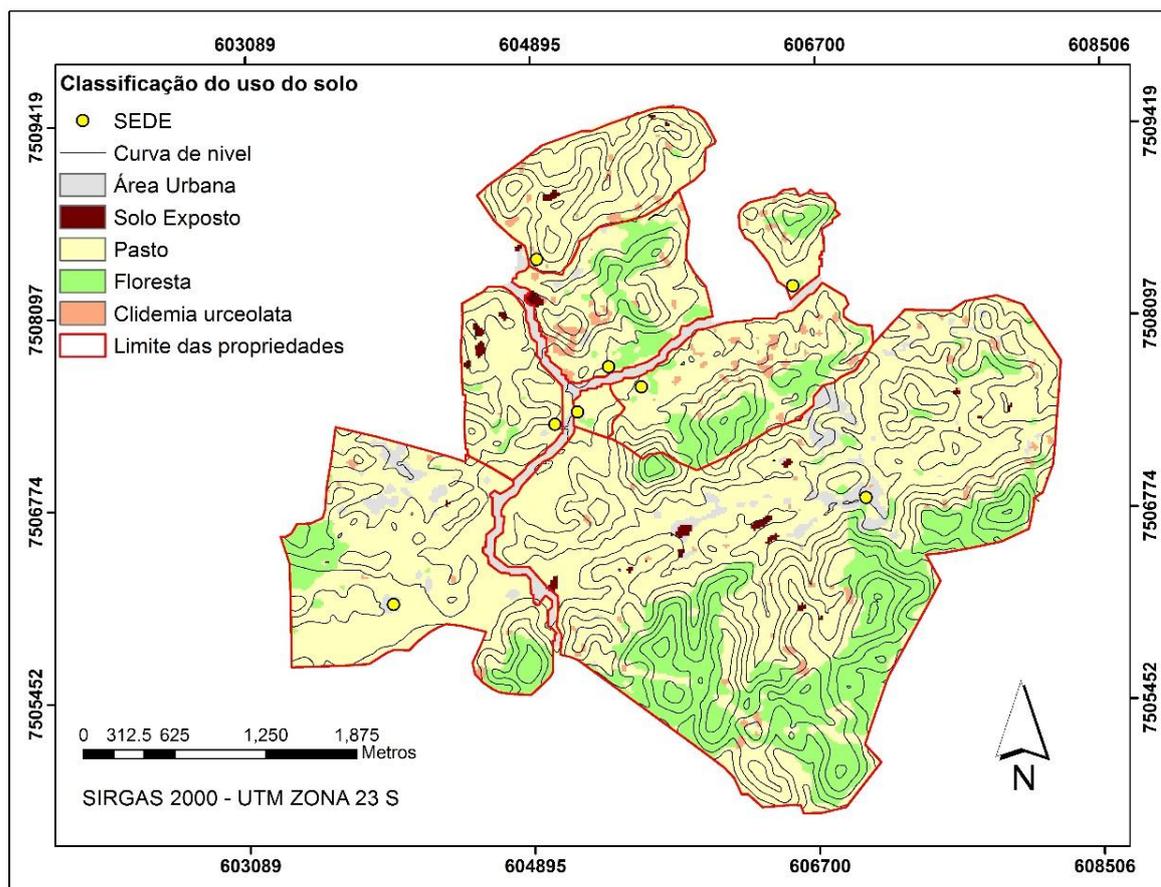


Figura I.3: Uso do solo, curva de nível, limite e sede das propriedades estudadas.

A acurácia da classificação (90,5%) e estatística Kappa condicional (88,9%) (Tabela I.1) evidenciaram excelente ajuste entre imagem digital e cenários no campo (LANDIS e KOCH, 1977). Nas classes floresta e núcleo de *C. urceolata* as amostras foram uniformes e a classificação correta, nas classes de área urbana, solo exposto e pasto, houve menor uniformidade das amostras.

Tabela I.1: Valores do ajuste da classificação supervisionada em relação a realidade dos usos da área.

Classes	Kappa condicional (%)	Acurácia da classificação (%)
Área urbana	82,9	
Solo exposto	73,1	
Pasto	88,9	
Floresta	100,0	
<i>C. urceolata</i>	100,0	
Total	88,9	90,5

As classes solo exposto e pasto totalizam aproximadamente 74% da área, evidenciando o seu desequilíbrio ambiental. Os dados mostram a permanência dos desserviços causados pelo ciclo econômico do café, finalizado a mais de 160 anos, seguido pela tentativa de implantação da pecuária (a qual não conseguiu se sustentar devido a degradação do ecossistema), ambos pautados pela baixa agregação de tecnologias que envolvam práticas conservacionista durante 63 anos no passado, de 1790-1953 (DRUMMOND, 1997).

Os 21,6% da área com floresta em fase inicial de sucessão demonstram que ainda há resiliência suficiente nos ecossistemas capaz de formar florestas e oferecer propágulos indispensáveis para a restauração passiva do ecossistema perturbado. Podendo demorar até 150 anos nos setores com maior resiliência. Foi observado um fragmento em fase inicial de sucessão com mais de 50 ha, tamanho considerado grande no bioma Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2009), pois a maior parte dele se encontra fragmentado (MELO et al., 2013).

No mapa de uso do solo (figura I.3) podemos relacionar a distribuição espacial das florestas com a topografia e distância da sede da propriedade. Sendo que locais próximos das sedes das fazendas de café e com menor declividade sofreram maior pressão de uso e conseqüentemente encontram maiores dificuldades em iniciar o processo de restauração passiva. Áreas em locais mais altos sofreram menor pressão apresentando maior resiliência.

3.2 Agrupamento das Propriedades

As 8 propriedades agrupadas segundo análise de Cluster constituíram 3 grupos homogêneos baseado em critérios socioeconômicos, com diferença significativa ($p < 0,05$), para fator econômico ($p = 0,001$) e capacidade de carga atual ($p < 0,001$). Os grupos 2 e 3 apresentaram maiores diferenças a partir da distância Euclidiana.

As características das produções dos grupos são: Grupo 1: Média produção; Grupo 2: Baixa produção; e Grupo 3: Decadentes ou abandonadas (Tabela I.2).

Tabela I.2: Parâmetros utilizados para realizar o agrupamento das propriedades em grupos homogêneos. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros.

Grupo	Área média (ha)	Fator				Capacidade de carga atual (UA.ha ⁻¹)
		Social	Econômico	Tecnológico	Ecológico	
1	62,98 ±0,0	17,0 ±0,0	11,0 ±0,0	10,0 ±0,0	6,0 ±0,0	1,70 ±0,0
2	433,08 ±332,2	15,0 ±0,0	10,5 ±0,7	10,5 ±0,7	10,5 ±2,1	0,80 ±0,0
3	66,98 ±45,8	14,0 ±1,0	6,0 ±0,7	7,6 ±1,5	9,4 ±3,0	0,21 ±0,1

O Grupo 1 envolve apenas uma propriedade de média produção, portanto não foi analisado. As propriedades de baixa produção concentram áreas produtivas em pequenos locais com solos férteis e úmidos, condição diferenciada das grandes áreas improdutivas. As propriedades decadentes ou abandonadas não apresentam suporte para abrigar um agricultor descapitalizado e sem condições de adquirir tecnologias. Estas mesmas características foram observadas em outras latitudes (MOTESHARREI et al., 2014).

A capacidade de carga atual do grupo 2 (0,80 UA.ha⁻¹) se encontra na média brasileira (FAO, 2014), embora seja considerada baixa para os padrões internacionais em ambientes semelhantes com agregação tecnológica (FAO, 2012). A capacidade de carga atual do grupo 3 (0,21 UA.ha⁻¹) evidencia a decadência do modelo de pecuária local e do ecossistema como um todo, se tratando de uma única opção de geração de renda que é decrescente a cada ano. Estas características associadas ao relevo movimentado propiciam o surgimento e expansão dos processos erosivos de forma inercial, empobrecendo gradualmente toda a região.

As propriedades abandonadas e de baixa produção apresentam tendências diferentes em relação à área colonizada com *C. urceolata*, floresta e capacidade de carga atual, quando comparada em área acumulada por propriedade (Figura I.4).

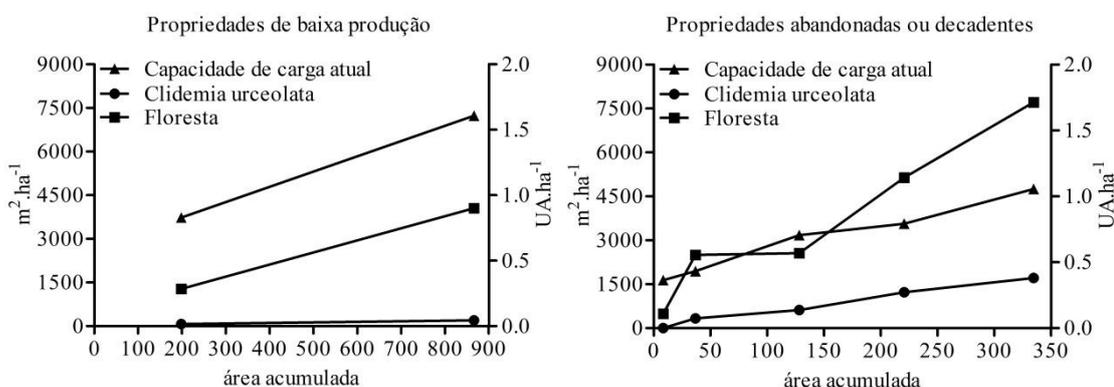


Figura I.4: Capacidade de carga atual, *C. urceolata*, Floresta e áreas acumuladas das propriedades dos grupos 2 e 3.

As propriedades de baixa produção apresentam usos com tendências definidas quando se acumulam suas áreas, enquanto as propriedades decadentes ou abandonadas apresentam alternâncias de usos em função dos seus tamanhos. Este fato se justifica pela tentativa do agricultor na perpetuação do uso da pecuária como agente gerador de renda, mesmo havendo manifestações inequívocas de empobrecimento por redução de níveis mínimos de produtividade.

As propriedades de baixa produção apresentam maior área que as propriedades decadentes ou abandonadas, maior capacidade de carga atual, metade de área florestada e área

de *C. urceolata* 8 vezes menor, porem com o acumulo das perturbações podem se tornar propriedades decadentes ou abandonadas.

As propriedades decadentes ou abandonadas apresentam crescimento em área de floresta e de *C. urceolata*. O uso de espécies facilitadoras de restauração florestal constitui uma alternativa de baixo custo quando comparado com medidas diretas. Brancalion et al. (2012) estimam custo mínimo de 5 mil dólares/hectare para recuperar ambientes degradados utilizando o reflorestamento com espécies arbóreas nativas.

A razão entre a área florestal e pasto degradado seguem tendências distintas nos grupos socioeconômicos (Figura I.5), onde se observa maior intensidade de restauração passiva em propriedades menores das áreas decadentes ou abandonadas. O fim da pecuária extensiva por baixa rentabilidade se constitui no principal agente de restauração da Mata Atlântica (MELO et al., 2013; STRASSBURG et al., 2014).

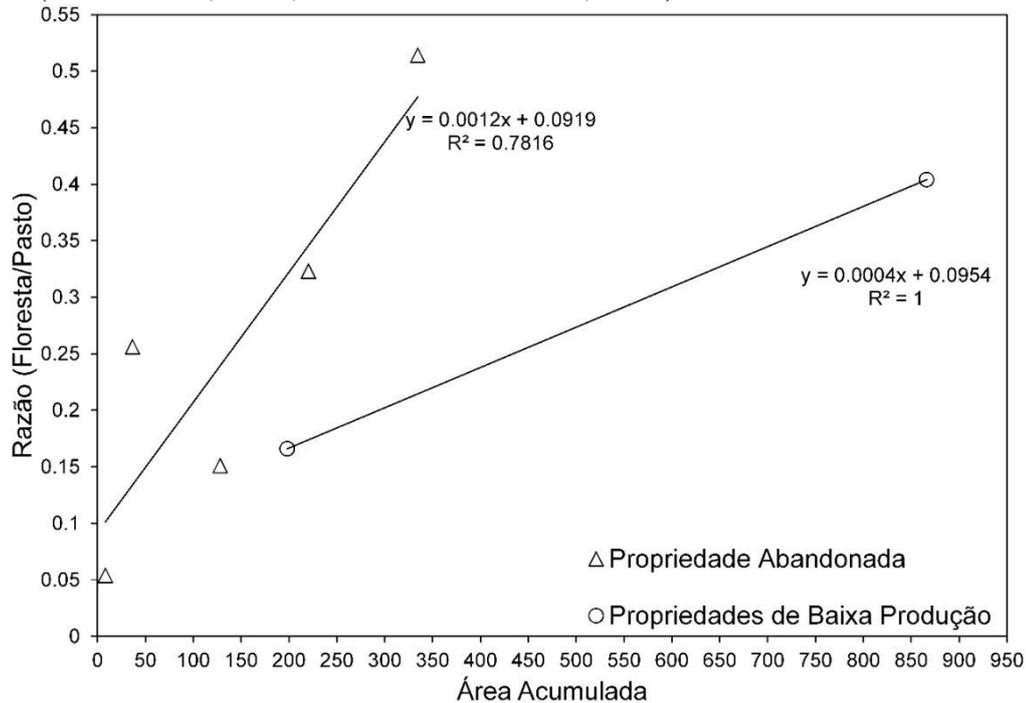


Figura I.5: Razão entre áreas (ha) florestal/pasto nas propriedades abandonadas e de baixa produção.

O aumento da produtividade nas terras aptas com agregação tecnológica facilita a restauração florestal (BRANCALION et al., 2012; STRASSBURG et al., 2014), podendo constituir um modelo alternativo de desenvolvimento regional, que teria maior viabilidade nas propriedades decadentes ou abandonadas até 300 ha de área, segundo os dados da figura I.5.

A maior ocorrência da *C. urceolata* nas propriedades decadentes ou abandonadas pode melhorar o microclima, aumentar as taxas de germinação, crescimento de espécies, mecanismos basilares da restauração passiva de ecossistemas (SVRIZ et al., 2013), sugerindo maior potencial de uso de técnicas de restauração passiva.

4 CONCLUSÃO

Após duas gerações humanas (154 anos) de cessada a atividade cafeeira no Vale do Paraíba do Sul, 21,6% das áreas perturbadas foi restaurada passivamente, prevalecendo pastos improdutivos e solos desnudos, o que confere tendência de degradação inercial, que perdurará por gerações, mesmo havendo níveis mínimos de produtividade agrícola.

A pecuária muitas vezes única fonte de renda é economicamente e ambientalmente insustentável (0,21 UA.ha⁻¹ e 0,5% das áreas com voçorocas), sendo necessário desenvolvimento de tecnologias de restauração ambiental combinadas com o desenvolvimento econômico.

O modelo de restauração passiva a partir dos efeitos de nucleação com a espécie facilitadora *Clidemia urceolata* apresenta maior probabilidade de sucesso nas propriedades decadentes ou abandonadas, com área inferior a 300 hectares, podendo melhorar condições ambientais e criar facilidades para abrigar novas alternativas de produção.

**CAPÍTULO II - SERRAPILHEIRA DE AMBIENTES EM
RESTAURAÇÃO FLORESTAL.**

RESUMO

A serrapilheira acumulada controla processos fundamentais na dinâmica do ecossistema, liberando e retendo nutrientes e umidade em diferentes fases da sucessão ecológica dos ecossistemas. Ela pode constituir um diferencial na restauração florestal passiva, pois indivíduos que mais necessitam de nutrientes e serviços ecossistêmicos para ingressar e se consolidarem se deparam com ambientes perturbados. O estudo avaliou a dinâmica da serrapilheira de ambientes em diferentes níveis de restauração florestal de pastagens abandonadas a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC. Foram selecionados os tratamentos (S1) pastagem abandonada, (S2) núcleo de *C. urceolata* no estágio inicial de colonização, (S3) núcleo de *C. urceolata* no estágio intermediário de colonização, (S4) núcleo de *C. urceolata* no estágio avançado de colonização, e (S5) fragmento de floresta secundária. Foram quantificadas produção de serrapilheira, frações e estoque de serrapilheira acumulada, retenção hídrica e presença de raiz. O S5 apresentou maior produção, estoque de serrapilheira e biomassa de raiz. No S2 foi encontrado maior quantidade de folhas de *C. urceolata* na serrapilheira deposta. O S3 e S4 apresentaram maior retenção hídrica, evidenciando que a qualidade do material decíduo influi no balanço hídrico, enquanto o S1 teve os piores resultados em todos os parâmetros pesquisados. A colonização da *C. urceolata* no ecossistema modificou a sua composição e reduziu as influências da pastagem, aumentando a serrapilheira acumulada, modificando a capacidade de retenção hídrica e proporcionando a ciclagem de nutrientes, condições essenciais para favorecer a melhoria das condições ambientais da restauração florestal passiva. Os ecossistemas com presença da *C. urceolata* em estágio inicial de sucessão, mesmo apresentando baixa diversidade e pouca biomassa, contribuíram de forma significativa na melhora do microclima, facilitando o processo de avanço da sucessão ecológica.

Palavras-chave: Pastagem perturbada, Capacidade de retenção hídrica, Ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

The accumulated litter controls fundamental processes in the dynamics of the ecosystem, releasing and retaining nutrients and moisture at different stages of ecological succession of ecosystems. It can be an advantage in passive forest restoration, as individuals most in need of nutrients and ecosystem services to join and consolidate face disturbed environments. The study evaluated the dynamics of litter environments at different levels of restoration abandoned pastures from the facilitator kind *Clidemia urceolata* DC. The treatments were selected (S1) abandoned pasture, (S2) core *C. urceolata* in the initial stage of colonization, (S3) core *C. urceolata* the intermediate stage of colonization, (S4) core *C. urceolata* in advanced stage of colonization, and (S5) fragment of secondary forest. Litter production were quantified fractions and stock of accumulated litter, water retention and presence of root. The S5 showed higher production, inventory litter and root biomass. S2 was found greater amount of leaves of *C. urceolata* the deposited litter. The S3 and S4 showed higher water retention, showing that the quality of material deciduous influences the water balance, while the S1 had the worst results in all studied parameters. The colonization of *C. urceolata* ecosystem altered in composition and reduced the influence of grazing, increasing the accumulated litter, changing the water retention capacity and providing nutrient cycling, essential conditions to encourage the improvement of environmental conditions of passive forest restoration. Ecosystems with presence of *C. urceolata* in early stage of succession, even with low diversity and low biomass, contributed significantly in improving the microclimate, facilitating the advancement process of ecological succession.

Key-words: Disturbed pasture, Water holding capacity, Nutrient cycling.

1 INTRODUÇÃO

A serrapilheira acumulada é parte do material vegetal depositado sobre a superfície do solo (folhas, cascas, galhos, flores, inflorescências, frutos, sementes e fragmentos vegetais não identificáveis) que fica entre o solo e o dossel da vegetação (CIANCIARUSO et al., 2006). O acúmulo depende do tipo de vegetação, nível sucessional, composição de espécies, latitude, altitude, temperatura, ventos, precipitação, herbívoros, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes no solo (FACCELI e PICKET, 1991; PORTES et al., 1996;). Esse compartimento controla processos fundamentais na dinâmica do ecossistema, como é liberação de nutrientes (PIRES et al., 2006) e retenção de umidade (MATEUS et al., 2013; VALLEJO, 1982).

A taxa de acúmulo de serrapilheira no período de maior crescimento da vegetação pode constituir um diferencial na restauração florestal passiva, quando os indivíduos mais necessitam de nutrientes e serviços ecossistêmicos para ingressar e se consolidar, principalmente as espécies de grupos sucessionais avançados (GONÇALVES et al., 2003).

O acúmulo de serrapilheira sobre o solo torna-se uma fonte de energia e nutrientes capaz de abrigar a fauna e microrganismos decompositores dos ecossistemas (FACELLI e FACELLI, 1993). Segundo Mitchel e Tell (1977), a cobertura do solo por resíduos pode melhorar as suas condições estruturais e de fertilidade. Ela reduz impacto direto das gotas de chuva e mitiga os processos erosivos (FACELLI e PICKETT, 1991), aumentando a taxa de infiltração (COELHO NETTO, 2003) e reduzindo o escoamento superficial (VALLEJO, 1982), com várias implicações nos processos pedogenéticos.

Segundo Voigt e Walsh (1976), a retenção de umidade pela serrapilheira acumulada está relacionada com os fenômenos de absorção e adsorção da água dentro da massa de elementos que compõem a biomassa morta. A absorção depende do volume de espaços vazios, velocidade de decomposição e efeitos sazonais, que combinam precipitação e temperatura do ambiente. A adsorção depende da área da folha, grau de decomposição, relação superfície/peso seco e composição orgânica. No entanto, poucos são os estudos que aplicam estes conhecimentos na restauração florestal de pastagens perturbadas. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar a dinâmica da serrapilheira de ambientes em diferentes níveis de restauração florestal de pastagens abandonadas a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem

2.1.1 Sítios Amostrais

A avaliação da dinâmica sucessional nas áreas com níveis diferenciados de colonização de *C. urceolata* e a caracterização das implicações ambientais que essa espécie gera nas áreas onde ela coloniza há mais tempo foram realizadas em 5 sítios amostrais. Todas as áreas do estudo foram colonizadas pela *C. urceolata* a partir de pastagens perturbadas e selecionadas considerando a similaridade dos atributos ambientais entre elas, sendo declividade média de 55%, feição côncava predominante, altitude média de 418 m, fase de exposição sul-sudoeste, localização no terço médio da toposequência, área de captação a montante, distância de fontes de propágulos e predomínio de Latossolos Amarelos distróficos. Os locais foram definidos como: Sítio 1 (S1) pastagem abandonada (sem presença da *C. urceolata*); Sítio 2 (S2) núcleo de *C. urceolata* no estágio inicial de colonização (poucos indivíduos da espécie em baixa densidade); Sítio 3 (S3) núcleo de *C. urceolata* no estágio intermediário de colonização (número maior de indivíduos da espécie, com média densidade e presença de outras espécies); Sítio 4 (S4) núcleo de *C. urceolata* no estágio avançado de colonização (número maior de indivíduos da espécie, com alta densidade e presença de outras espécies); Sítio 5 (S5) fragmento de floresta secundária (fragmento florestal com indivíduos de *C. urceolata* presentes na borda e no banco de sementes) (Figura II.1) (Tabela II.1).

Tabela II.1: Características fisionômicas e florísticas dos estágios de restauração passiva a partir da colonização e facilitação da *Clidemia urceolata*: idade (MIRANDA, 2012) e espécies do estrato arbóreo.

Sítios	1	2	3	4	5
Anos (Idade)	1	6	12	17	32
Espécies do estrato arbóreo	0	0	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul (3); <i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos (1); <i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld (1); <i>Psidium guineense</i> Sw. (1); <i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez (1)	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul (17); <i>Casearia sylvestris</i> Sw.(3)	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl. (25); <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul (16); <i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vel.) K. Schum (6); <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi* (5); <i>Casearia sylvestris</i> Sw. (3); <i>Eugenia cf. florida</i> DC. (2); <i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret (2); <i>Casearia sp.</i> (1); <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer (1); <i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC. (1)
N. espécies	0	0	5	2	10
N.indivíduos	0	0	7	20	62

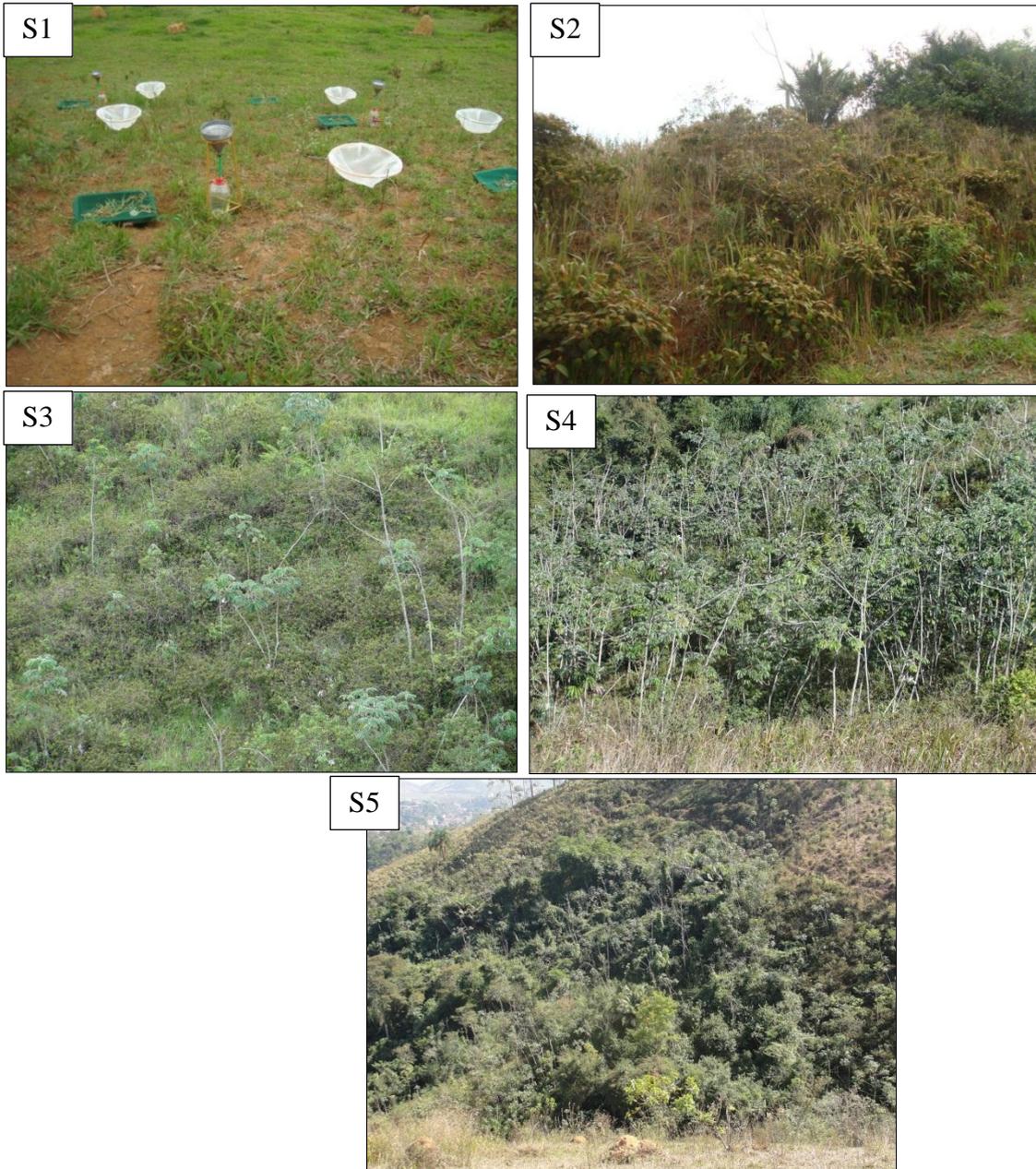


Figura II.1: Tratamentos localizados no IFRJ – Pinheiral, onde S1 – Sítio 1, S2 – Sítio 2, S3 – Sítio 3, S4 – Sítio 4 e S5 – Sítio 5.

2.2 Produção de Serrapilheira

Foram instalados coletores de $0,5 \text{ m}^2$, com fundo de nylon de malha de 2 mm^2 , colocados a 50 cm acima da superfície do solo, conforme Martins e Rodrigues (1999). Eles foram distribuídos aleatoriamente ao longo dos sítios amostrais, sorteando-se cinco locais para sua instalação, entre os 12 totais (Figura II.2). O material depositado foi avaliado mensalmente de agosto de 2013 até julho de 2014, sendo acondicionados em sacos de papel, etiquetados e levados para o Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas da UFRRJ. Em cada coleta, o material foi seco em estufa a 70° C , até atingir peso constante, sendo verificada a porcentagem de material oriundo da *C. urceolata*. A produção de serrapilheira foi estimada segundo Lopes et al. (2002) Equação II.1:

$$PAS = (\sum PS \times 10.000) / Ac \quad (II.1)$$

Onde:

PAS = Produção média anual de serrapilheira (em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$);
 PS = Produção média mensal de serrapilheira (em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$) e;
 Ac = Área do coletor (em m^2).

A precipitação durante o período de estudo foi obtida na estação meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRJ), Campus Nilo Peçanha – Pinheiral/RJ, localizada a 500 metros dos sítios amostrais e nas coordenadas 22°31'24.12" e 43°59'26.19".

2.3 Estoque de Serrapilheira Acumulada e Biomassa de Raiz

A serrapilheira acumulada e a biomassa de raiz foram quantificadas por meio de 12 amostras coletadas por sítio em agosto de 2013 e janeiro de 2014 (Figura II.2), em cada parcela de 1 m^2 foi realizado um sorteio entre 4 sub-parcelas localizadas no centro das 16 sub-parcelas (Figura II.3). Esta subdivisão tem o objetivo de reduzir o efeito de borda causado pela circulação da equipe nos levantamentos de campo. As coletas foram realizadas com o auxílio de um coletor de $0,25 \times 0,25 \text{ m}$ no período seco e úmido.

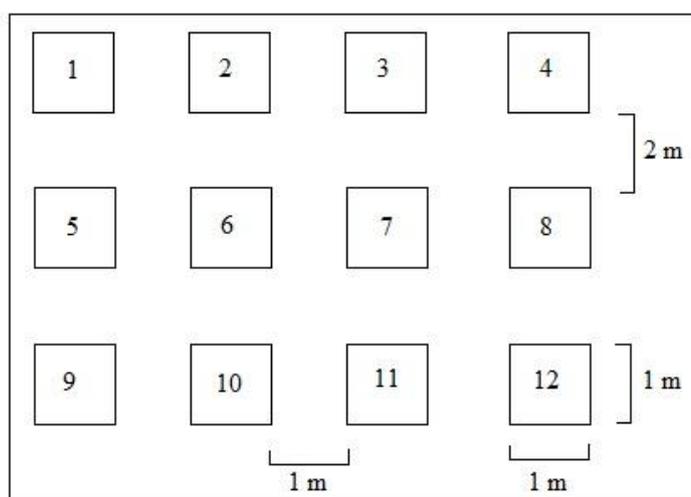


Figura II.2: Esquema das parcelas nos sítios amostrais.

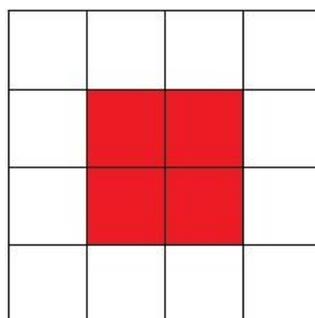


Figura II.3: Croqui de uma parcela sub dividida em 16 sub parcelas, sendo realizado o sorteio nas sub parcelas centrais.

A serrapilheira foi acondicionada em sacos plásticos, identificada e levada ao Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas da UFRRJ, onde foram retirados os sedimentos de solo. O material foi seco em estufa a 70°C (BRASDONTO MODELO 5) e pesado em balança de precisão até se torna constante (BEL) (0,001g). Os valores médios de serrapilheira acumulada total foram transformados para Mg.ha⁻¹. Posteriormente foi realizada a triagem manual das folhas, galhos, biomassa de raiz, material reprodutivo mais semente e material não identificado. A biomassa foi quantificada por meio do peso seco das raízes encontradas na serrapilheira acumulada durante a triagem, os valores foram expressos em grama de raízes por quilograma de serrapilheira (g/kg).

2.4 Capacidade de Retenção Hídrica

A capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada foi determinada por meio de 12 amostras coletadas por sítio em agosto de 2013 e janeiro de 2014 (Figura II.2), em cada parcela de 1 m² foi realizado um sorteio entre 4 sub-parcelas (excluindo a já sorteada na amostragem da serrapilheira acumulada) localizadas no centro das 16 sub-parcelas (Figura II.3). Esta subdivisão tem o objetivo de reduzir o efeito de borda causado pela circulação da equipe nos levantamentos de campo. As coletas foram realizadas com o auxílio de um coletor de 0,25x0,25 m no período seco e úmido.

O material foi analisado segundo o método de Blow (1955), que consiste na submersão lenta da amostra em água, com permanência de 90 minutos. Em seguida, o material é drenado naturalmente por 30 minutos em bandejas de plástico dispostas em bancada com 30% de declividade. Posteriormente as amostras foram pesadas em balança (BEL) (0,001g) e levadas à estufa a 70°C (BRASDONTO MODELO 5) até que atinjam peso constante, determinando sua massa seca. Para determinar o valor da capacidade de retenção hídrica (CRH) foi utilizada a equação II.2:

$$CRH(\%) = [(MU - MS) \div MS] \times 100 \quad (II.2)$$

Onde:

CRH = capacidade de retenção de umidade em porcentagem (%);

MU = massa úmida (g);

MS = massa seca (g).

2.5 Análise Estatística

Foram realizados testes de normalidade e homogeneidade para posterior análise de dados utilizando estatística paramétrica. O comportamento das variáveis quantificadas (serrapilheira acumulada e capacidade de retenção hídrica com 12 repetições por sítio e produção de serrapilheira com 5 repetições por sítio) foi realizado por meio de ANOVA para testar hipóteses distintas entre sítios amostrais. As variáveis que apresentaram diferenças significativas se aplicou o teste de Tukey a 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de Serrapilheira

O sítio 5 apresentou os maiores valores de produção anual de serrapilheira, enquanto o sítio 1 ficou com os piores valores. Em relação a presença de *C. urceolata* e o sítio 2 obteve os maiores valores (Tabela II.2).

Tabela II.2: Produção anual de serrapilheira nos sítios amostrais e presença da folha de *Clidemia urceolata*.

	Produção anual (Mg.ha ⁻¹)	<i>Clidemia urceolata</i> (%)
Sítio 1	0,03 (±0,00) a	0 (±0) a
Sítio 2	1,36 (±0,35) b	73 (±3) b
Sítio 3	1,99 (± 0,15) c	54 (±1) c
Sítio 4	2,19 (±0,27) c	22 (±4) d
Sítio 5	3,00 (±0,26) d	0 (±0) a

Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste T de Tukey a 5%.

A produção de serrapilheira mensal no sítio 5 foi maior em outubro e janeiro, meses que foram antecedidos por baixa precipitação, e se comportou de forma estável nos meses de março até agosto, período posterior a época de maior precipitação. O sítio 1 apresentou valores próximos de zero durante todo o ano independente da precipitação (Figura II.4).

A produção de serrapilheira nos sítios 3 e 4 se modificou de acordo com a intensidade de precipitação, se apresentando de forma parecida com o sítio 5, mas com menor amplitude na quantidade deposta de serrapilheira. Este resultado demonstra o avanço da sucessão ecológica nos sítios 3 e 4, onde já pode ser notada a entrada de espécies de níveis sucessionais avançados.

A produção de serrapilheira no sítio 2 se comportou de forma praticamente estável no ano de estudo. Mostrando um salto de qualidade em 6 anos de avanço da sucessão ecológica quando comparado ao sítio 1. Este fato mostra a importância da colonização da pastagem perturbada pela espécie *C. urceolata* a qual proporciona maior ciclagem de nutrientes.

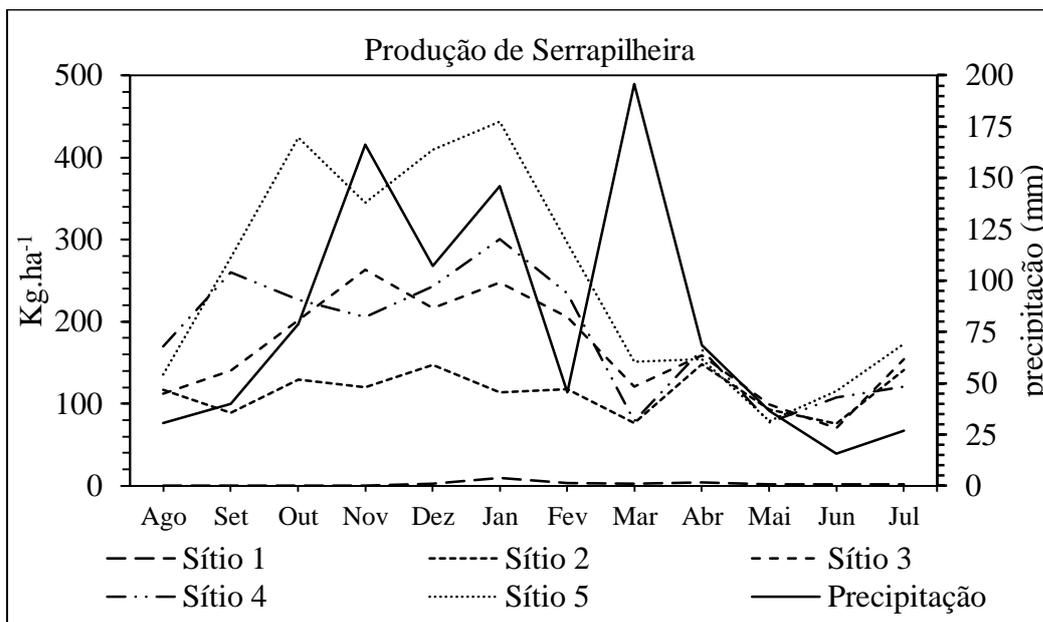


Figura II.4: Produção de serrapilheira e precipitação nos sítios amostrais durante 12 meses entre os anos de 2013 e 2014.

O aumento na produção de serrapilheira e a diversidade dos ecossistemas podem proporcionar maior ciclagem de nutrientes melhorando a oferta para a fauna do solo e espécies vegetais. A porcentagem de folha de *C. urceolata* presente na serrapilheira deposta se mostrou alta no sítio 2, mostrando o domínio da espécie no tratamento (Figura II.5).

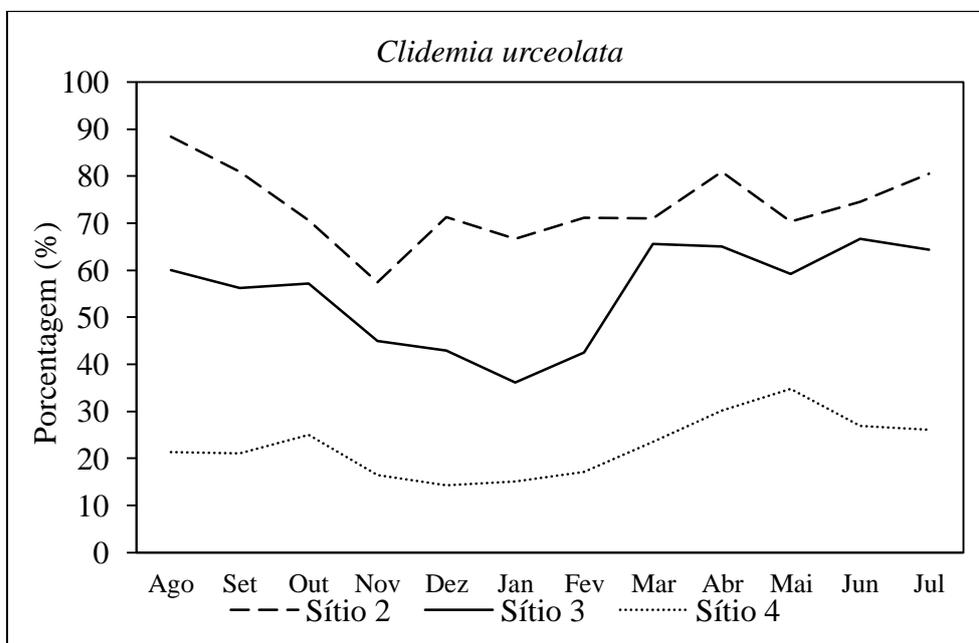


Figura II.5: Presença de folha de *Clidemia urceolata* na serrapilheira.

A diminuição da presença da folha da espécie *C. urceolata* na serrapilheira deposta no decorrer do avanço da restauração florestal evidencia maior heterogeneidade na composição de espécies no ecossistema. A presença mais abundante no sítio 2, mostra a dominância da *C.*

urceolata, que pelos seus efeitos de ter folhas pilosas e pequenas, podem conferir retenção hídrica diferenciada.

O comportamento da produção de serrapilheira e a presença da *C. urceolata* durante o processo de restauração florestal se modifica no tempo, pois ao ingressarem novas espécies, de níveis sucessionais avançados, aumenta a composição de material decíduo e oferta de decompositores, tornando os sistemas mais próximos dos ecossistemas em estágios sucessionais mais avançados da região, que dada a elevada temperatura, acumulam pouca matéria orgânica no solo.

3.2 Frações da Serrapilheira Acumulada e Biomassa de Raiz

A serrapilheira acumulada dos sítios 2, 3, 4 e 5 é composta por aproximadamente 80 % de folhas, 17 % de galho e quantidade de semente e material reprodutivo em torno de 1% (Tabela II.3).

Tabela II.3: Frações da serrapilheira acumulada nos sítios amostrais expressa em porcentagem (%).

	Folha (%)	Galho (%)	Semente e material reprodutivo (%)	Material Não identificado (%)
Sítio 1	49 (\pm 13) a	49 (\pm 13) a	0 (\pm 0) a	1,97 (\pm 0,79) a
Sítio 2	83 (\pm 6) b	14 (\pm 6) b	0,91 (\pm 0,28) bc	1,41 (\pm 0,51) ab
Sítio 3	80 (\pm 7) b	17 (\pm 7) b	0,83 (\pm 0,38) b	1,41 (\pm 0,51) ab
Sítio 4	79 (\pm 5) b	18 (\pm 5) b	0,58 (\pm 0,51) b	0,83 (\pm 0,38) bc
Sítio 5	78 (\pm 6) b	18 (\pm 6) b	1,33 (\pm 0,65) c	0,66 (\pm 0,49) c

Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste T de Tukey a 5%.

A biomassa de raiz na serrapilheira acumulada no sítio 5 apresentou valor de 9,625 g.kg⁻¹, sendo significativamente diferente dos sítios 2, 3 e 4, enquanto no sítio 1 foi constatado ausência de raiz na serrapilheira acumulada (Tabela II.4).

Tabela II.4: Biomassa de raiz (g.kg⁻¹) na serrapilheira acumulada nos sítios amostrais.

	Inverno	Verão	Anual
Sítio 1	0,000	0,000	0,000 (\pm 0) a
Sítio 2	0,392 (\pm 1,356)	0,000	0,195 (\pm 0,678) b
Sítio 3	0,234 (\pm 0,669)	0,000	0,117 (\pm 0,335) b
Sítio 4	1,419 (\pm 2,068)	0,369 (\pm 1,28)	0,894 (\pm 1,126) b
Sítio 5	16,794 (\pm 18,247)	2,457 (\pm 3,648)	9,625 (\pm 9,539) c

Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste T de tukey a 5%.

A serrapilheira do sítio 1 é composta praticamente por folhas e galhos (colmos e hastes), o que a torna mais leve, sendo arrastado mais facilmente pelos fortes ventos e enxurradas. A pequena quantidade de folhas no sítio 1 quando comparado aos demais sítios se deve a presença de gramíneas, que segundo Soria et al. (2003) é constituído em grande parte por colmos e hastes, os quais possuem maior quantidade de lignina, que é a substância mais resistente à decomposição (FROUFE, 2003). Nos outros tratamentos não foi encontrada diferença significativa, sendo os valores encontrados semelhantes a literatura. A presença de sementes aumenta as chances do avanço da sucessão ecológica.

Os sítios 2, 3 e 4 não apresentaram diferença significativa entre eles, porem diferem significativamente do sítio 1, mostrando avanço da sucessão ecológica com a colonização da *C. urceolata* no ecossistema. A maior biomassa de raiz na serrapilheira acumulada no sítio 5

pode evidenciar mudança de comportamento no ecossistema, onde espécies de níveis sucessionais avançados colonizam o ambiente.

No inverno a média da biomassa de raiz (3,768 g.kg⁻¹ (± 10,328) A) foi significativamente diferente que no verão (0,565 g.kg⁻¹ (± 1,928) B), podendo ser causado pela baixa concentração de nutrientes e pouca umidade do solo, dado sua exígua precipitação. Nestas situações, as espécies tentam captar umidade e nutrientes sobre o solo como mecanismo de sobrevivência.

3.3. Estoque de Serrapilheira Acumulada e Capacidade de Retenção Hídrica

O sítio 5 apresentou estoque de serrapilheira acumulada próximo a 6 Mg.ha⁻¹ enquanto o estoque do sítio 1 ficou abaixo de 0,2 Mg.ha⁻¹, em relação a capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada o sítio 4 e o sítio 3 alcançaram valores superiores a 265% (Tabela II.5).

Tabela II.5: Estoque de serrapilheira acumulada (S.A.) (Mg.ha⁻¹) e capacidade de retenção hídrica (C.R.H.) (%) nos sítios amostrais.

	S.A. Inverno	S.A. Verão	S.A. Anual	C.R.H. Inverno	C.R.H. Verão	C.R.H. Anual
Sítio 1	0,202 (±0,092)	0,189 (±0,135)	0,196 (±0,090) a	147 (± 31)	123 (± 50)	135 (± 31) a
Sítio 2	1,941 (±0,632)	2,421 (±1,420)	2,182 (±0,754) b	249 (± 48)	235 (± 26)	242 (± 25) b
Sítio 3	2,331 (±0,654)	3,413 (±0,964)	2,872 (±0,620) bc	311 (±56)	221 (±25)	266 (± 28) bc
Sítio 4	2,832 (±1,097)	4,076 (±1,244)	3,454 (±0,722) c	312 (± 71)	249 (± 47)	281 (± 42) c
Sítio 5	6,192 (±2,027)	5,797 (±1,227)	5,995 (±1,030) d	269 (± 21)	203 (±36)	236 (± 21) b
Média	2,700 (±2,246) A	3,179 (±2,151) B		258 (± 77) A	206 (± 58) B	

Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna e seguidos da mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo teste T de Tukey a 5%.

O menor estoque de serrapilheira acumulada encontrado no sítio 1 está relacionado com os usos pretéritos da área e seu estado de conservação. Segundo Larcher (2004) as gramíneas possuem baixa relação C/N, ocasionando maior velocidade de decomposição dos tecidos vegetais.

O estoque de serrapilheira acumulada no sítio 5 pode estar relacionado a sua maior idade, fase sucessiona avançada, tipologia densa da vegetação, presença de espécies caducifólia, diversa e estratificada cobertura florestal comparada aos demais sítios e a maior produção de serrapilheira.

Borém e Ramos (2002), pesquisando uma Floresta Ombrófila Densa, no município de Silva Jardim-RJ, encontraram estoque anual de serrapilheira de 7,06 Mg.ha⁻¹, variando de acordo com a fase da toposequência e o período seco e chuvoso. Apesar da diferença na tipologia da floresta, a quantidade do estoque de serrapilheira acumulada encontrada pelos autores foi próxima do valor encontrado para sítio 5.

O estoque de serrapilheira do sítio 2 foi significativamente diferente em relação ao sítio 1, apresentando valor 11 vezes maior em comparação ao sítio 1. Os seis anos de colonização da *C. urceolata* proporcionou avanço da sucessão ecológica no tocante do estoque de serrapilheira acumulada.

O sítio 4 apresentou o maior valor de capacidade de retenção hídrica, segurando a água precipitada por mais tempo sobre superfície do solo e facilitando a germinação de sementes. O sítio 1 atingiu os piores valores quando comparado aos demais tratamentos, mostrando pouca eficiência na retenção da água na serrapilheira acumulada. Nos tratamentos com presença da *C. urceolata* ficou constatado boa eficiência na retenção da água precipitada, podendo melhorar as condições do microclima dos núcleos de restauração passiva, potencializando o avanço da sucessão ecológica.

O estoque de serrapilheira acumulada do inverno foi significativamente inferior ao do verão, enquanto a capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada neste mesmo período se comportou de forma inversa. Esta evidencia mostra que a capacidade de retenção hídrica não está vinculada a quantidade de serrapilheira acumulada, podendo estar correlacionada com sua qualidade e estágio de decomposição.

Comportamento da serrapilheira acumulada e sua capacidade de retenção hídrica ao longo do período de restauração florestal a partir da espécie *C. urceolata*, levando em consideração a idade dos tratamentos (Figura II.6).

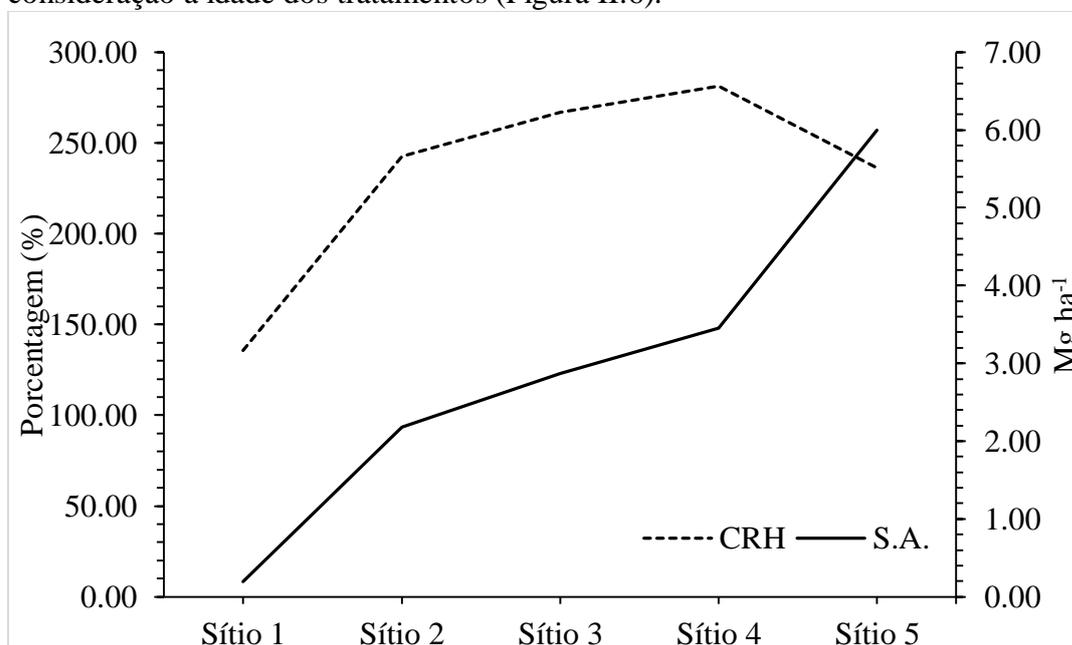


Figura II.6: Comportamento da serrapilheira acumulada (S.A.) e sua capacidade de retenção hídrica (C.R.H.) ao longo dos tratamentos.

A dinâmica da quantidade de serrapilheira acumulada durante o processo de restauração florestal apresenta padrão diferente em relação a sua capacidade de retenção hídrica. Nos primeiros anos de restauração ambos apresentam crescimento, porém, aos 32 anos esta tendência se modifica. A quantidade de serrapilheira mantém a tendência de crescimento e a capacidade de retenção hídrica passa a diminuir, mostrando uma modificação na administração da água no ecossistema e facilitando a infiltração. Este fato associado às baixas condições de infiltração do sítio 1 (predomínio de escoamento superficial) e as boas condições de infiltração e percolação do sítio 5, constituem-se um importante serviço ambiental para a restauração passiva.

4 CONCLUSÃO

A entrada da espécie *C. urceolata* no ecossistema modificou a sua composição e reduziu as influências das pastagens, aumentando a serrapilheira acumulada, alterando a capacidade de retenção hídrica e melhorando a ciclagem de nutrientes, condições essenciais para propiciar a melhoria das condições ambientais da restauração florestal passiva.

Os ecossistemas com presença da *C. urceolata* em estágio inicial de sucessão, mesmo apresentando baixa diversidade e pouca biomassa, contribuíram de forma significativa na melhora do microclima, facilitando o processo de avanço da sucessão ecológica.

O processo de restauração passiva modificou os fluxos da água no ecossistema em 32 anos, passando da pastagem com pouca capacidade de reter umidade e predomínio de escoamento superficial e alcançando estágio de fragmento florestal com melhor capacidade de retenção hídrica e predomínio da infiltração e percolação.

CAPÍTULO III - BALANÇOS HÍDRICO E QUÍMICO

RESUMO

A identificação da precipitação total, precipitação interna, escoamento pelo tronco e interceptação vertical permite conhecer e avaliar a dinâmica de entrada e administração de água nos sistemas florestais em suas diferentes fases de desenvolvimento, constituindo assim parte do seu balanço hídrico, que pode ter aspectos funcionais no processo de restauração passiva de ecossistemas. A entrada de elementos químicos lavados da atmosfera e da cobertura florestal podem alterar as composições químicas dos ecossistemas com implicações para seu desenvolvimento. O estudo objetivou levantar e caracterizar os balanços hídrico e químico de ambientes com diferentes níveis de restauração florestal a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC. Foram selecionados 5 tratamentos definidos como: (S1) pastagem abandonada; (S2) núcleo de *C. urceolata* no estágio inicial de colonização; (S3) núcleo de *C. urceolata* no estágio intermediário de colonização; (S4) núcleo de *C. urceolata* no estágio avançado de colonização; e (S5) fragmento de floresta secundária. Os núcleos de *C. urceolata* propiciaram 23% de redução no impacto das gotas da chuva no solo em 6 anos de colonização. A precipitação interna e interceptação vertical se comportaram de forma similar nos sítios S2, S3 e S5, porém diferentes no tocante a concentração de nutrientes na precipitação interna e água percolada através da serrapilheira. A concentração de nutrientes da água da precipitação interna sofreu acréscimo quando comparada a chuva, também foi aumento na infiltração em relação a precipitação interna. A *C. urceolata* contribuiu para aumentar a interceptação de água na serrapilheira acumulada, propiciando umidade ao ambiente e gerando benefícios correlatos, relacionados a germinação de sementes, facilitação para espécies sucessionais de estágios avançados. No S5 o fragmento florestal apresentou menor retenção na serrapilheira permitindo maior oferta hídrica para infiltração de solos mais aptos, facilitando recarga da rizosfera e gerando benefícios ecossistêmicos que contribuem para a restauração passiva.

Palavras-chave: Restauração passiva, Balanço de nutrientes, Espécie facilitadora.

ABSTRACT

The identification of the total precipitation, throughfall, stemflow and vertical interception allows to know and evaluate the dynamics of entry and water management in forest systems in their different stages of development and is thus part of fluid balance, which may have functional aspects the passive process of restoring ecosystems. The entry of chemicals washed from the atmosphere and the forest cover can change the chemical composition of ecosystems with implications for their development. The study aimed to raise and characterize the water and chemical balance of environments with different levels of forest restoration from the facilitator kind *Clidemia urceolata* DC. A total of 5 treatments defined as: (S1) abandoned pasture; (S2) core *C. urceolata* in the early stages of colonization; (S3) core *C. urceolata* in the intermediate stage of colonization; (S4) core *C. urceolata* in advanced stage of colonization; and (S5) fragment of secondary forest. The cores *C. urceolata* have provided 23% reduction in the impact of rain drops on the ground in 6 years of colonization. The internal precipitation and vertical intercept behaved similarly in S2 sites, S3 and S5, however different as regards the concentration of nutrients in the internal precipitation and water percolated through the litter. The concentration of internal precipitation of water nutrients suffered increased when compared to rain, it was also an increase in the internal infiltration relative precipitation. *C. urceolata* contributed to increase water interception on accumulated litter, providing moisture to the environment and generating related benefits, related to seed germination, facilitation successional species of advanced stages. S5 in the forest fragment showed lower retention in litter allowing greater water supply for infiltration fittest soils, facilitating recharge of the rhizosphere and generating ecosystem benefits that contribute to passive restoration.

Key-words: Passive restoration, Nutrient balance, Facilitating species.

1 INTRODUÇÃO

A cobertura florestal afeta o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica, condicionando movimentos e volumes de água em seus compartimentos, inclusive perdas para a atmosfera e corpos hídricos a jusante (ARCOVA et al., 2003). A influência da floresta mais conhecida se trata das chuvas retidas pelas copas das árvores, quando se dá o primeiro fracionamento da água e inicia o processo de interceptação, havendo o consequente repasse para a parte baixa do dossel que constitui a precipitação interna (ARCOVA et al., 2003).

A precipitação interna na floresta é expressa pelo volume de água que atravessa e atinge a superfície do solo. Ela varia de acordo com as características da vegetação e das condições climáticas locais (LEOPOLDO e CONTE, 1985; LIMA, 1993). Uma pequena porção de água escoar pelo tronco das árvores (escoamento pelo tronco) e junto com a precipitação interna compõem a precipitação efetiva (ARCOVA et al., 2003). A avaliação desse processo permite identificar a dinâmica de entrada de água nos sistemas florestais e constituir o seu balanço hídrico (JIMÉNEZ et al., 1996).

Em períodos longos de precipitação, onde há a ocorrência de eventos chuvosos sucessivos, a interceptação tende a decrescer, pois copas saturadas não adsorvem água (NALON e VELLARDI, 1992; MOLICOVÁ e HUBERT, 1994). Em período de chuvas de baixa magnitude, intensidade e frequência, as taxas de interceptação são maiores (NALON e VELLARDI, 1992). Segundo Neal et al. (1991) a precipitação interna pode variar de acordo com o volume e tempo das precipitações, em função da topografia, composição florestal, volume e adensamento das árvores.

O ciclo de nutrientes dentro do ecossistema representa a sua movimentação entre compartimentos abióticos e bióticos (GOLLEY, 1983; JORDAN, 1985). A entrada de elementos químicos disponíveis na atmosfera é feita pela precipitação, que incide sobre a cobertura florestal trazendo consigo elementos de constituição mineral e orgânica que podem constituir nutrição florestal para os ecossistemas (DINIZ et al., 2013). O conhecimento desta dinâmica biogeoquímica ajuda a compreender os processos que são responsáveis pelo funcionamento dos ecossistemas florestais (SOUZA, 2006) e podem influenciar as condicionantes ambientais da restauração.

Os núcleos de regeneração passiva constituída a partir da *C. urceolata*, onde as espécies arbóreas e arbustivas apresentam relações estreitas com o balanço hídrico, influenciam na recarga dos freáticos e no próprio desenvolvimento da vegetação, como foi observado em zonas do semiárido da China (LI et al., 2008). A oferta diferenciada de umidade no solo favorece o crescimento das plantas nos ambientes com estresse hídrico. O presente estudo objetivou levantar e caracterizar os balanços hídrico e químico de ambientes com diferentes níveis de restauração florestal a partir da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* DC.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem

2.1.1 Sítios Amostrais

A avaliação da dinâmica sucessional nas áreas com níveis diferenciados de colonização de *C. urceolata* e a caracterização das implicações ambientais que essa espécie gera nas áreas onde ela coloniza há mais tempo foram realizadas em 5 sítios amostrais. Todas as áreas do estudo foram colonizadas pela *C. urceolata* a partir de pastagens perturbadas e selecionadas considerando a similaridade dos atributos ambientais entre elas, sendo declividade média de 55%, feição côncava predominante, altitude média de 418 m, fase de exposição sul-sudoeste, localização no terço médio da toposequência, área de captação a montante, distância de fontes de propágulos e predomínio de Latossolos Amarelos distróficos. Os locais foram definidos como: Sítio 1 (S1) pastagem abandonada (sem presença da *C. urceolata*); Sítio 2 (S2) núcleo de *C. urceolata* no estágio inicial de colonização (poucos indivíduos da espécie); Sítio 3 (S3) núcleo de *C. urceolata* no estágio intermediário de colonização (número maior de indivíduos da espécie, mas com baixa densidade e presença de outras espécies); Sítio 4 (S4) núcleo de *C. urceolata* no estágio avançado de colonização (número maior de indivíduos da espécie, com alta densidade e presença de outras espécies); Sítio 5 (S5) fragmento de floresta secundária (fragmento florestal com indivíduos de *C. urceolata* presentes na borda e no banco de sementes) (Figura III.1).

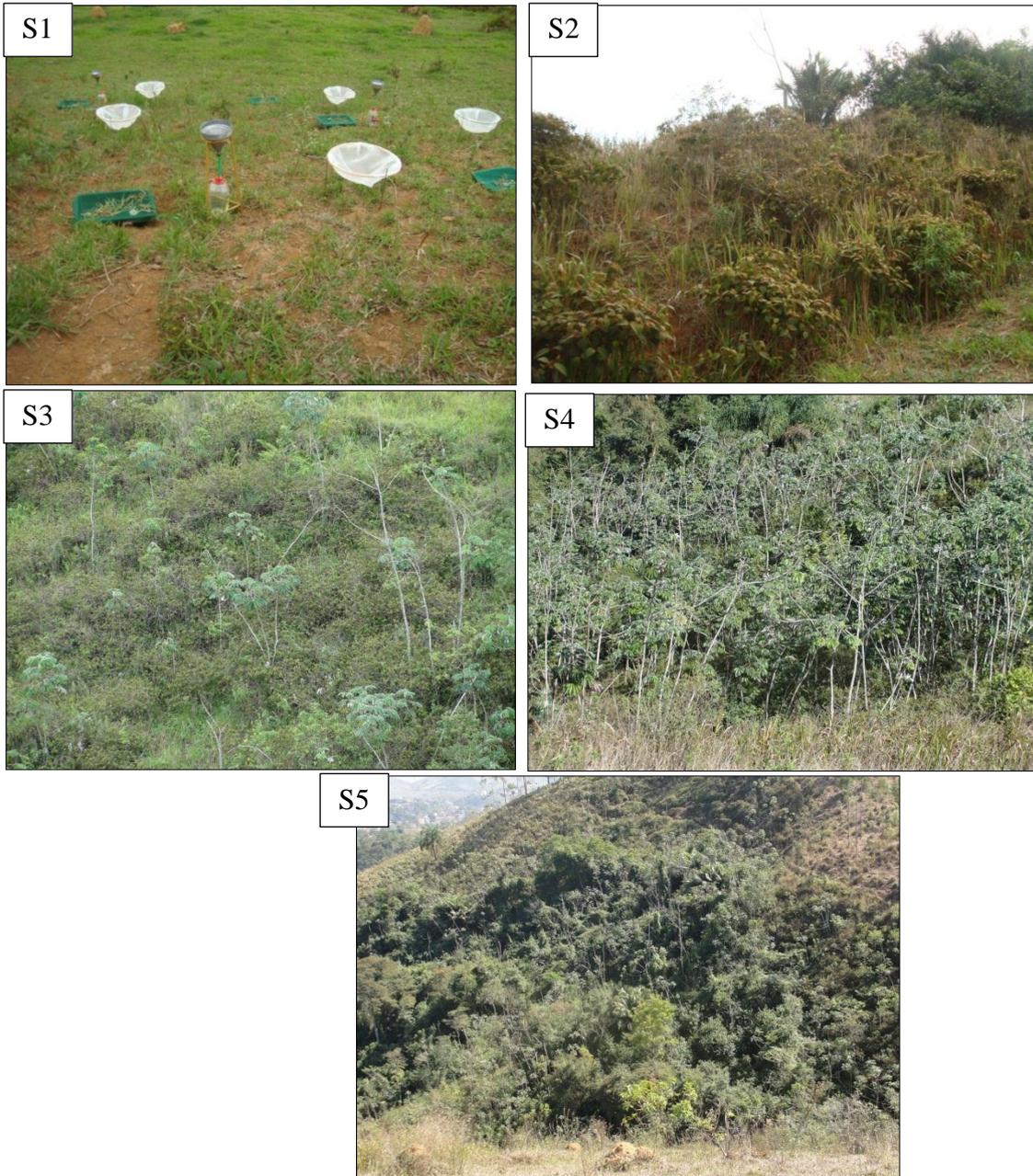


Figura III.1: Tratamentos localizados no IFRJ – Pinheiral, onde S1 – Sítio 1, S2 – Sítio 2, S3 – Sítio 3, S4 – Sítio 4 e S5 – Sítio 5.

2.2 Determinação da Precipitação Interna:

A precipitação interna foi determinada por pluviômetros instalados dentro de cada tratamento (Figura III.2; Figura III.3). Os pluviômetros possuem 20 cm de diâmetro e estão dispostos em tripé a 0,8 m do solo. Eles permaneceram fixos ao longo do estudo, conforme Arcova et al. (2003).

As coletas foram feitas após chuvas e/ou com frequência semanal durante o ano de 2013/2014, nos períodos seco e chuvoso. A lâmina de água precipitada foi calculada levando em consideração o volume coletado e as dimensões do pluviômetro (GENOVA, 2007), por meio da equação III.1.

$$P_i(\text{mm}) = \text{Vol} \div \text{Ac}_1 \quad (\text{III.1})$$

Onde:

Vol = volume de chuva coletado (L),

Ac₁ = área da boca coletora (0,031415m²)

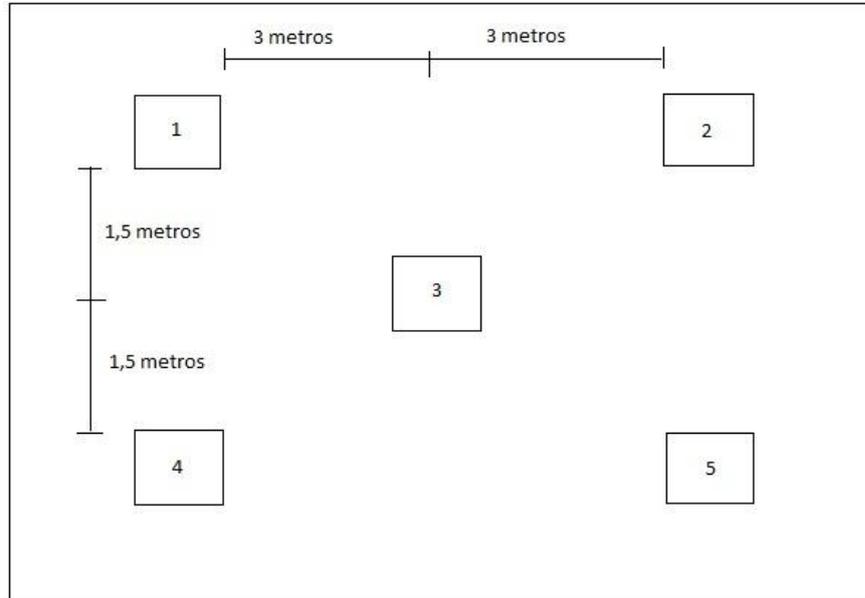


Figura III.2: Croqui dos pluviômetros e lisímetros (cada parcela contém os dois equipamentos).



Figura III.3: Pluviômetro e lisímetro montados em campo.

2.3 Determinação da Interceptação Vertical pela Copa:

A interceptação vertical foi obtida a partir das diferenças entre precipitação total da Estação Meteorológica do Instituto Federal do Rio de Janeiro (Campus Pinheiral) que fica localizada a 500 metros do experimento e a precipitação interna medida nos tratamentos, conforme equação III.2:

$$IV(\text{mm}) = P - P_i \quad (\text{III.2})$$

Onde:

P – Precipitação (mm);

P_i – Precipitação interna (mm).

A Interceptação interna em cada sítio foi posteriormente convertida para valores percentuais, em relação à precipitação total de acordo com a equação III.3:

$$IV(\%) = IV(\text{mm}) \times 100 \div P \quad (\text{III.3})$$

Onde:

IV – Interceptação vertical (mm);

P – Precipitação (mm).

2.4 Interceptação

A interceptação da serrapilheira é o volume que incide sobre a mesma e não é percolado para o solo. Sua determinação se deu por meio de lisímetros (Figura III.2; Figura III.3), de 0,36 x 0,56 m de área e 0,15 m de altura, preenchido com esferas de isopor para facilitar a percolação por gravidade. Ele simula condição real de operação unitária individual de uma camada de serrapilheira, em nível com o subsolo, possuindo inclinação de 0,1% para não gerar acúmulo no fundo do lisímetro (RENÓ, 2008) (Figura III.4).

O lisímetro não recebe escoamento superficial e nem subsuperficial e se encontra individualizado hidrológicamente, ou seja, capta e administra apenas a precipitação interna do ambiente. Os lisímetros foram dispostos a 0,5 m dos pluviômetros.

As coletas foram feitas após chuvas e/ou com frequência semanal durante o ano de 2013/2014, tanto no período seco e chuvoso.

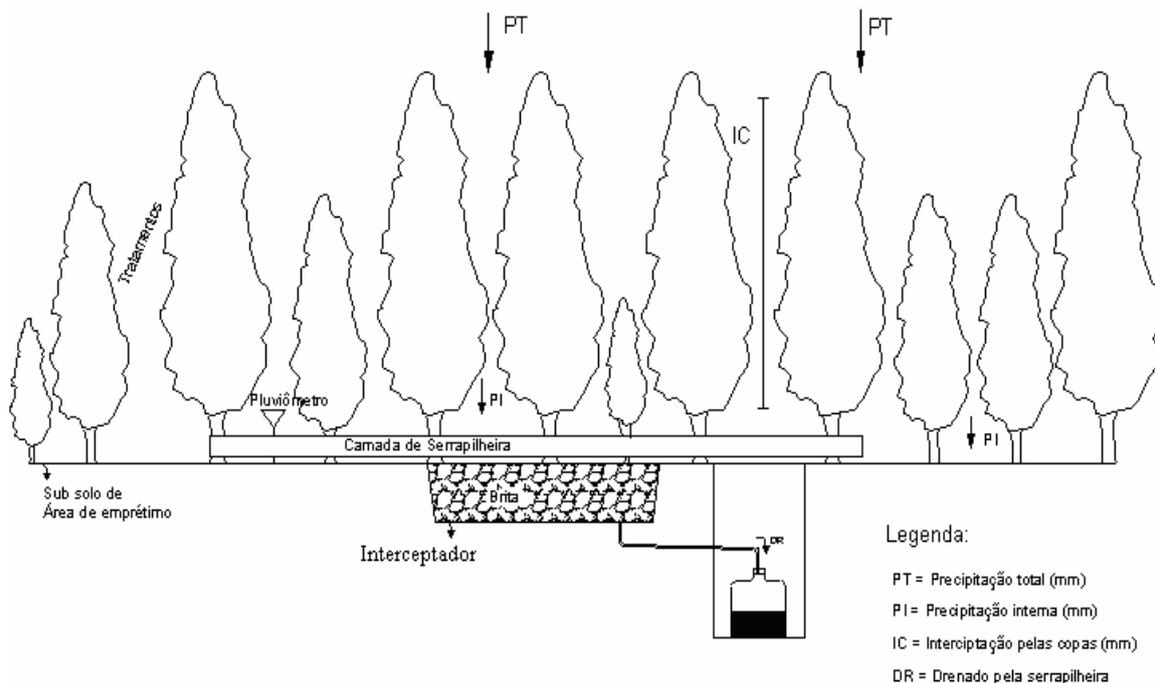


Figura III.4: Vista em perfil da disposição em campo do lisímetro (Fonte: RENÓ, 2008).

A serrapilheira acomodada sobre o lisímetro foi retirada aleatoriamente do entorno, por meio de um gabarito de 1x1m. Foram instalados cinco lisímetros em cada sítio e as coletas foram feitas após evento teste com chuva natural e sistema sem interceptação. A lâmina de chuva interna que atravessa a serrapilheira constitui a parte de chuva direta sobre o solo, excluindo-se os efeitos da interceptação pela serrapilheira. Ela foi calculada pela equação III.4:

$$D_i(\text{mm}) = \text{Vol} \div \text{Ac}_2 \quad (\text{III.4})$$

Onde:

D_i = lamina percolada (mm)

Vol = volume de água drenada (L);

Ac_2 = área da boca coletora do interceptador (0,201 m²).

A interceptação foi calculada por meio da diferença entre a precipitação interna (mm) e a lamina percolada na serrapilheira, empregando equação III.5:

$$I(\text{mm}) = P_i - D_i \quad (\text{III.5})$$

Onde:

I = Interceptação (mm)

P_i = Precipitação interna (mm);

D_i = lamina percolada (mm).

A interceptação foi convertida em valores percentuais da precipitação interna, segundo equação III.6:

$$I(\%) = I(\text{mm}) \times 100 \div P_i \quad (\text{III.6})$$

Onde:

I = Interceptação (mm);

P_i = Precipitação interna (mm).

2.5 Balanço Químico

O balanço químico foi realizado a partir da comparação entre as concentrações químicas dos pluviômetros do sítio1 (água da chuva), da precipitação interna (lavado do dossel) e dos lisímetros (lavado da serrapilheira).

2.5.1 Concentração química na precipitação interna

A precipitação interna representa uma via importante na entrada de nutrientes para o solo da floresta (PARKER, 1983), o volume precipitado, afeta diretamente a concentração de nutrientes, além de interferir indiretamente, pois as biomassas vivas e mortas interagem com a chuva e criam variabilidade química própria (ZIMMERMANN et al., 2007), que depende da natureza das espécies e suas composições químicas.

Foram utilizadas coletas mensais, agrupadas em três períodos de quatro meses para realização das análises de carbono orgânico, magnésio, potássio e cálcio. A análise de pH foi realizada semanalmente em campo com auxílio de um pHmetro portátil.

As amostras foram armazenadas em freezer por 4 meses em vasilhames esterilizados e previamente preparados para coleta de material, conforme prescrições metodológicas de rotina (TEDESCO et al., 1995). Os procedimentos de análise químicas laboratoriais foram feitos na EMBRAPA Agrobiologia, segundo Norma específica (TEDESCO et al., 1995).

2.5.2 Concentração química na água percolada

A água percolada representa uma via importante na entrada de nutrientes para o solo da floresta, a precipitação interna e escoamento pelo tronco afetam diretamente a concentração de nutrientes, além de interferir indiretamente, pois as biomassas vivas e mortas interagem e criam variabilidade química própria (ZIMMERMANN et al., 2007), que depende da natureza da serrapilheira acumulada e sua composição química. Foram utilizadas coletas mensais, agrupadas em três períodos de quatro meses para realização das análises de carbono orgânico, magnésio, potássio e cálcio. A análise de pH foi realizada semanalmente em campo com auxílio de um pHmetro portátil.

As amostras foram armazenadas em freezer por 4 meses em vasilhames esterilizados e previamente preparados para coleta de material, conforme prescrições metodológicas de rotina (TEDESCO et al., 1995). Os procedimentos de análise químicas laboratoriais foram feitos na EMBRAPA Agrobiologia, segundo Norma específica (TEDESCO et al., 1995).

2.6 Análise Estatística

Os dados dos balanços hídrico e químico foram testados as suas condições de normalidade e homogeneidade, para posterior análise paramétrica. As diferenças foram testadas por meio de ANOVA e significância pelo teste Tukey a 5%.

Para os dados do balanço químico também foi apresentado o coeficiente de variação no ano de estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Balanço Hídrico

A precipitação total anual foi de 958 mm, valor abaixo da média histórica local, que remonta a 1.300 mm (estação meteorológica do IFRJ). O período de maior precipitação compreendeu os meses de novembro até março, com exceção de fevereiro que apresentou pouca precipitação (Figura III.5).

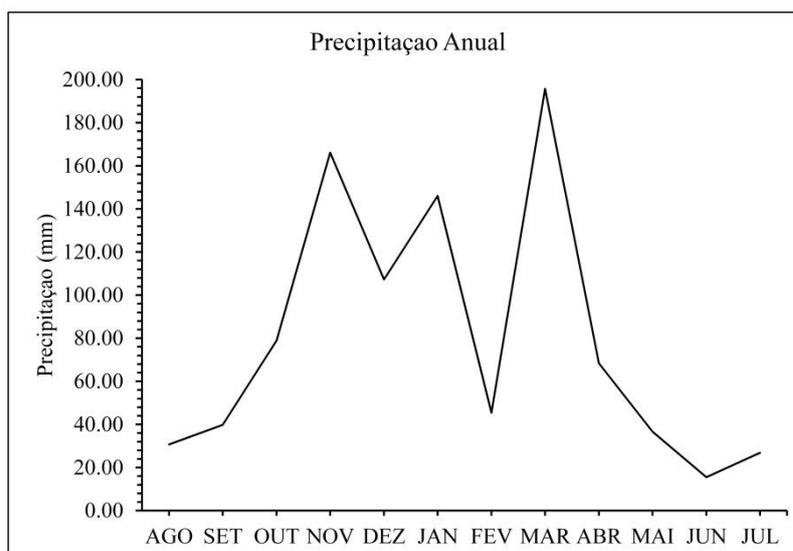


Figura III.5: Precipitação durante os 12 meses de pesquisa na área de estudo.

O sítio 1 foi considerado testemunha para efeitos de elementos químicos atmosféricos, pois apresenta comportamento similar ao de área aberta. O valor precipitado em todos os tratamentos foi considerado igual dada às condições que influem a precipitação pluviométrica local serem similares no tocante aos efeitos do meio físico.

A precipitação interna, interceptação vertical e interceptação da serrapilheira se manifestaram de forma distintas (Tabela III.1), evidenciando que cada tratamento tem balanço hídrico com funções ambientais distintas, que podem em parte explicar os processos funcionais da restauração passiva de pastagens ao longo de 32 anos, onde a *C. urceolata* vem atuando na reconstrução destes ecossistemas.

Tabela III.1: Valores em (mm) e (%) da precipitação total (PT), precipitação interna (PI), interceptação vertical (IV) e interceptação da serrapilheira (I) nos sítios amostrais.

Tratamentos	PT		PI		IV		I	
	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%
Sítio 1	957,55a	100	957,55a	100	0,00a	0	9,31a	0,97
Sítio 2	957,55a	100	737,87b	77	219,68b	23	299,22b	40
Sítio 3	957,55a	100	745,85b	78	211,71b	22	291,18b	39
Sítio 4	957,55a	100	869,20c	91	88,36c	9	360,49b	41
Sítio 5	957,55a	100	716,13b	75	241,43b	25	215,24c	30

Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste T de tukey a 5%.

A precipitação interna dos sítios 2, 3 e 5 não tiveram diferença estatisticamente significativa em 12 meses do ano. As magnitudes dos valores observados foram similares aos valores médios encontrado por Jetten (1996) em floresta tropical da América do Sul, Arcova et al. (2003) na Mata Atlântica em São Paulo, que foi de 78,5 % da PT. Bruijnzeel e Wiersum (1987) em floresta tropical de acácia na indonésia encontraram valores entre 75 e 80%.

O sítio 4 apresentou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando valores próximos aos 89% encontrados por Valente et al. (1997) em floresta de eucalypto de Portugal. Porém este fato pode estar ligado as características do dossel acima dos pluviômetros, que concentra a precipitação interna. Segundo Shachnovich et al. (2008) o comportamento da água da chuva no dossel é difícil de parametrizar e pode afetar a distribuição espacial da precipitação interna.

O fato de haver diferenças estatisticamente significativa pequena entre os tratamentos no tocante a variável precipitação interna, não deixa de ser importante, pois a amplitude de variação entre 77 e 91% da PT evidencia que os dosséis têm funções hidrológicas distintas. Estas funções podem afetar de forma diferenciada os processos de restauração passiva, pois ensejam disponibilidades hídricas diferentes, que provavelmente interferirá nos processos de germinação e sobrevivência de espécies colonizadoras.

A interceptação vertical representa um caminho alternativo de água dentro dos ecossistemas (aproximadamente 20% da PT), porém podem ser fonte de perdas de água por evaporação. A parte da interceptação que escoar pelo tronco, remonta a 1% da PT (VALCARCEL, 1985; ARCOVA et al., 2003), podem influenciar os processos de restauração e seus efeitos de nucleação das espécies facilitadoras. Pois a água escoada pelo tronco drena os nutrientes da copa e distribui de forma radial no solo ao longo do sistema radicular, propiciando volumes e conteúdos químicos distintos em cada um dos seus ecossistemas. Tal fato pode interferir na colonização de novas espécies, principalmente se forem propagadas por meio de raízes. Estas interações irão ocorrer no solo e os resultados implicarão no aumento da área de nucleação, tanto para montante como para jusante, sendo esta uma variável a ser observada em outros estudos do nosso grupo de pesquisa.

Segundo Niemeyer et al. (2014), a presença de fragmentos florestais aumenta a infiltração da água no solo em relação a outros usos não florestais. Isto pode estar associado a diversos fatores, inclusive a compactação e perda de redes de macroporos em solos de pastagem (TRIMBLE e MENDEL, 1995).

Não houve formação de serrapilheira no S1, o que acarreta propensão ao aumento continuado dos escoamentos superficiais, pois solos desnudos são compactados pelo próprio impacto das gotas de chuvas. O pequeno volume infiltrado ocorre pelos espaços entre macroporos formados entre estruturas colunares, que se encontram abertos principalmente pela ausência de água, mas que imediatamente aos primeiros milímetros infiltrados, eles se obstruem e reduzem a infiltração. Podendo aumentar a magnitude do escoamento superficial, fenômeno que causa carreamento de partículas do solo, iniciando processo de erosão remontante, o qual se tornara no futuro uma voçoroca.

Em relação a interceptação pela serrapilheira acumulada os sítios (2, 3 e 4) com presença da espécie *C. urceolata*, apresentaram diferença significativa em relação ao sítio 5 (fragmento florestal) cuja espécie ocorre apenas em estágio latente na serrapilheira, com sementes viáveis. Tal fato comprova um importante serviço ecossistêmico prestado pela espécie *C. urceolata*, que retém quando necessário a umidade na superfície do solo para as demais espécies se desenvolverem. Quando os ecossistemas já se encontram em condições de absorver e administrar a infiltração de chuvas de baixo tempo de recorrência, a serrapilheira libera água para infiltração e irrigação das encostas. Permitindo que espécies com maior porte e demanda de água consigam subsistir em menos de 32 anos de forma a contribuir para os processos de restauração passiva, mesmo em condições de ausência de chuvas.

A entrada da espécie *C. urceolata* no ecossistema (S2 - 6 anos, S3 - 12 anos e S4 - 17 anos), modifica os fluxos da água, pois a interceptação vertical passa a ser de 23%, reduzindo a quantidade de água que incide diretamente sobre o solo e com a presença de serrapilheira acumulada proporciona uma retenção de água da precipitação interna em torno de 40% na serrapilheira acumulada. Logo o fluxo superficial é substituído pelo fluxo subsuperficial e básico, diminuindo os processos erosivos e mantendo a umidade do solo mais elevada, fazendo com que a água da chuva fique mais tempo dentro da bacia hidrográfica. A *C. urceolata* proporciona uma melhor distribuição da água na zona de raiz ao longo dos anos do seu desenvolvimento, pois apresenta propagação vegetativa. Segundo Klos et al. (2014), a percolação da água em áreas florestadas acontece de forma homogênea na zona de raiz até 90 cm e pode ser potencializada em solos argilosos e com declividade de 20° até 130 cm de profundidade.

O comportamento da precipitação interna, interceptação vertical e interceptação da serrapilheira em relação a precipitação total nos sítios amostrais estão representadas graficamente (Figura III.6, III.7, III.8, III.9 e III.10). A interceptação apresentou uma correlação linear baixa com a precipitação total no sítio 1 ($R^2=0,30$). Encontramos uma correlação linear muito forte para os sítios 2, 3, 4 e 5 ($R^2= 0,997$; $0,994$; $0,998$ e $0,997$) entre a precipitação interna e a precipitação total. A linearidade semelhante foi relatada por Marin et al. (2000) para Amazônia colombiana, por Shachnovich et al. (2008) para uma floresta de pinheiros e por Arcova et al. (2003) para Mata Atlântica no período chuvoso. Observamos uma correlação linear forte para os sítios 2, 3 e 5 ($R^2= 0,971$; $0,913$ e $0,962$) entre a interceptação vertical e precipitação total, valores acima dos encontrados por Arcova et al. (2003) na Mata Atlântica. Constatamos uma correlação forte para os sítios 2, 3, 4 e 5 ($R^2= 0,937$; $0,901$; $0,960$ e $0,834$) entre a interceptação e a precipitação total.

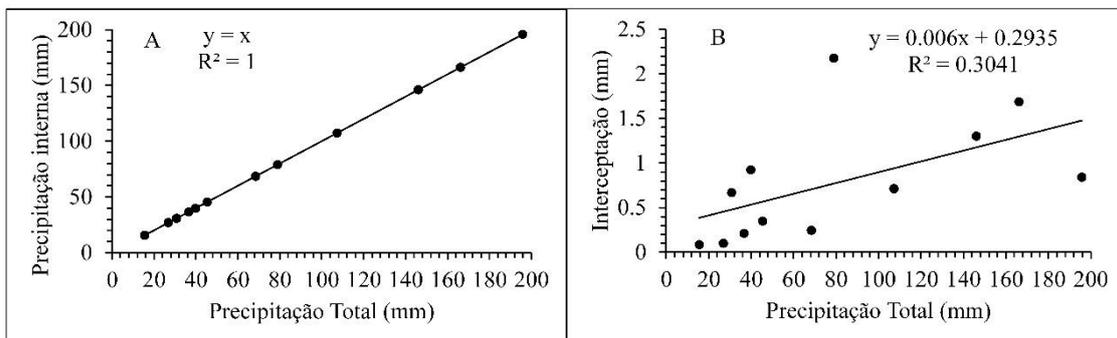


Figura III.6: Comportamento da precipitação interna (A) e interceptação (B) em relação a precipitação total no sítio 1.

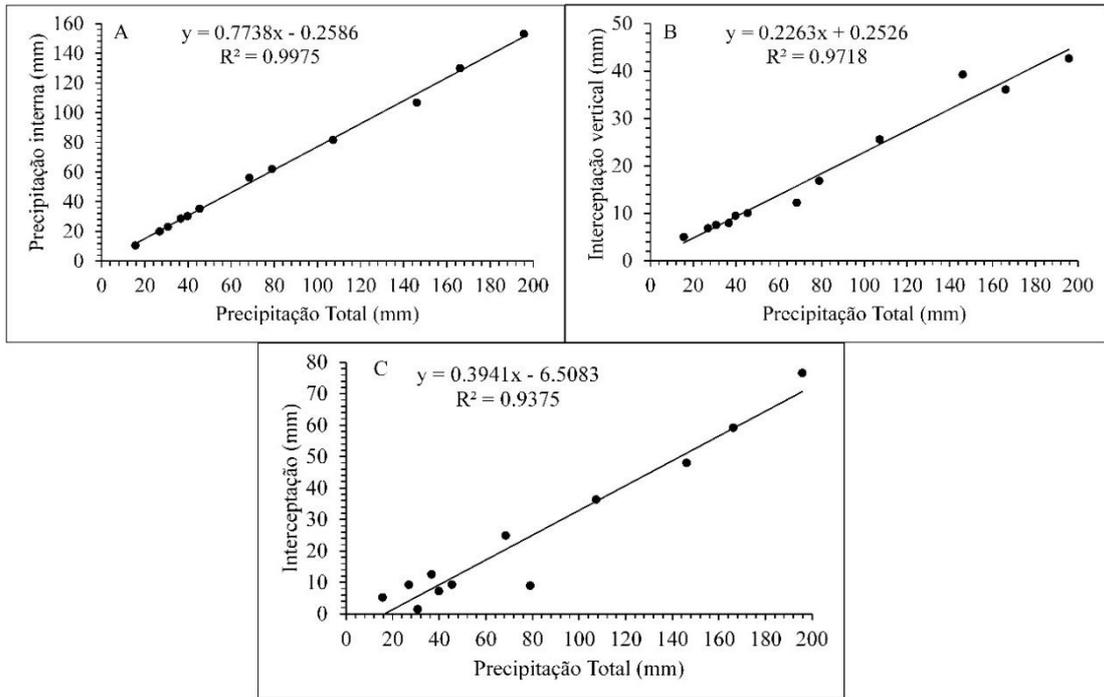


Figura III.7: Comportamento da precipitação interna (A), interceptação vertical (B) e interceptação (C) em relação a precipitação total no sítio 2.

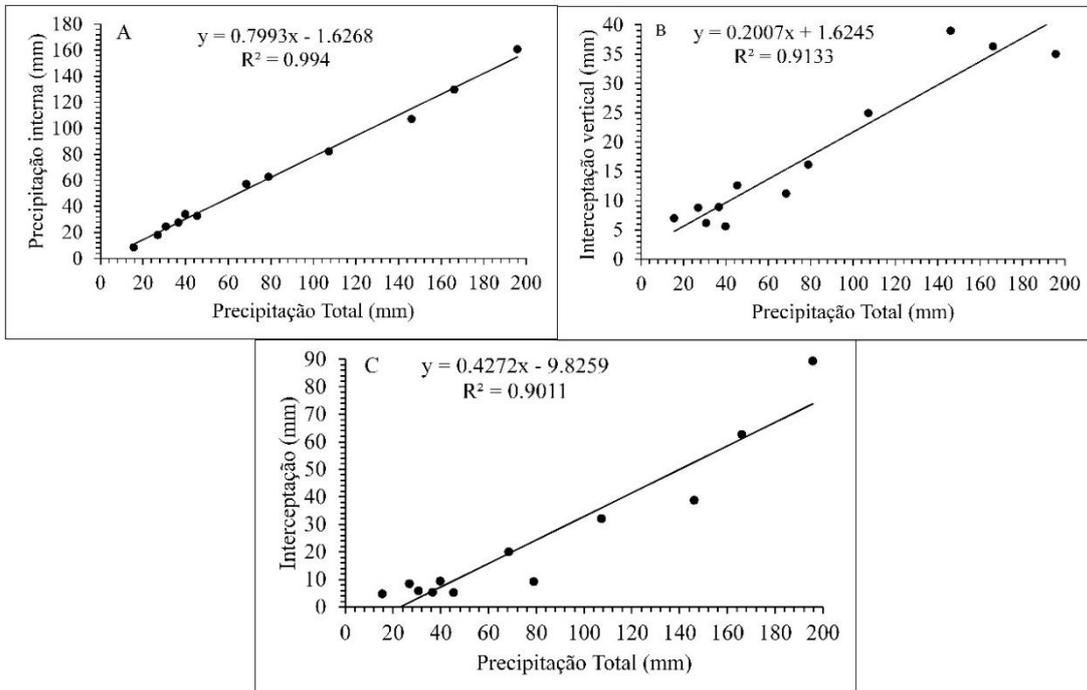


Figura III.8: Comportamento da precipitação interna (A), interceptação vertical (B) e interceptação (C) em relação a precipitação total no sítio 3.

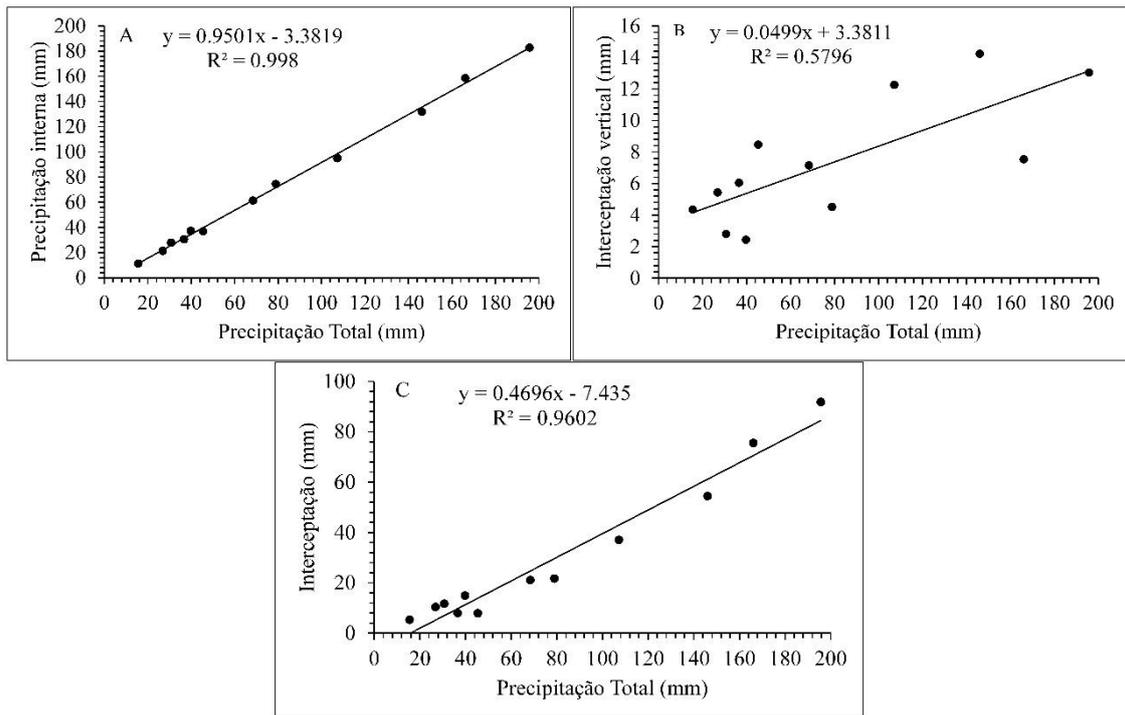


Figura III.9: Comportamento da precipitação interna (A), interceptação vertical (B) e interceptação (C) em relação a precipitação total no sítio 4.

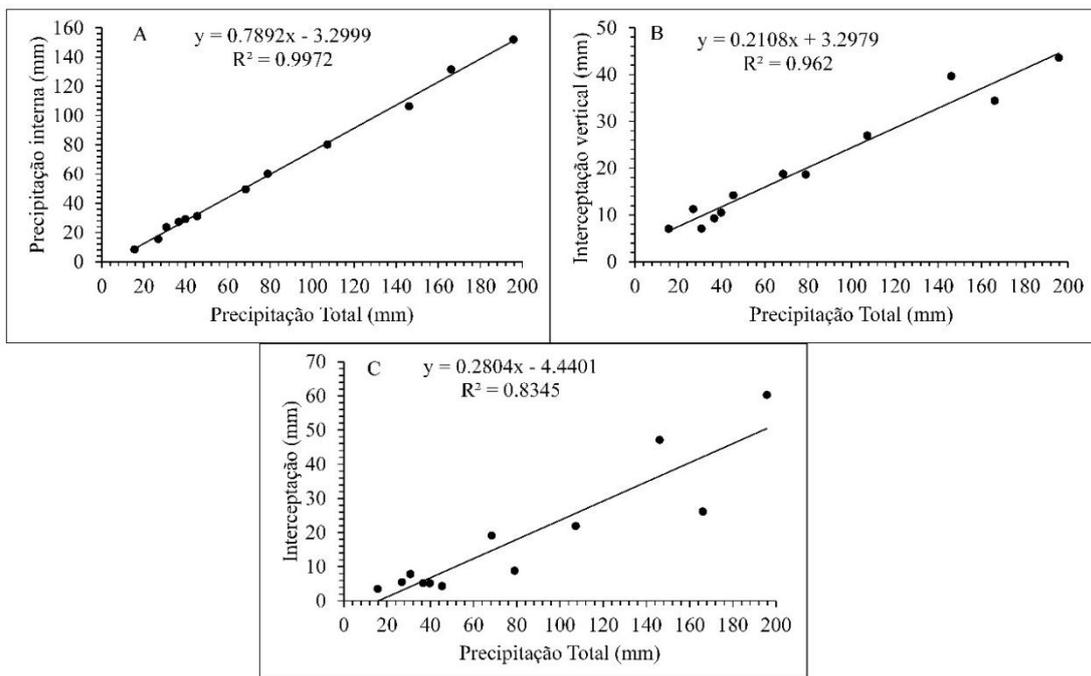


Figura III.10: Comportamento da precipitação interna (A), interceptação vertical (B) e interceptação (C) em relação a precipitação total no sítio 5.

3.2 Balanço Químico

3.2.1 Concentração química na precipitação interna

As concentrações de elementos químicos disponíveis na atmosfera e lavados pelas precipitações incidem sobre os tratamentos de forma igual, pois os locais estão próximos (raio de 100 m) e sob os mesmos efeitos orográficos. Os tratamentos S2, S3, S4 e S5 apresentaram diferença significativa, quando comparada a concentração de nutrientes da precipitação interna com da precipitação atmosférica (sítio 1). O sítio 1 apresentou comportamento similar ao da área aberta, pois não tem dossel e foi considerado como testemunha. O pH apresentou diferença entre o sítio 1 (precipitação) e os demais tratamentos (Tabela III.2).

Tabela III.2: O pH e concentração de nutrientes (mg.L^{-1}) na precipitação interna dos sítios amostrais.

Tratamentos	pH	Nutrientes – Média anual (mg.L^{-1})			
		K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	C. org.
Sítio 1	6.79 \pm 0.01 a	0.48 \pm 0.13 a	0.86 \pm 0.09 a	0.09 \pm 0.01 a	6.07 \pm 0.07 a
Sítio 2	6.53 \pm 0.09 b	8.21 \pm 2.38 b	1.78 \pm 0.29 b	0.85 \pm 0.06 b	34.73 \pm 6.84 b
Sítio 3	6.60 \pm 0.08 b	9.14 \pm 1.19 b	1.65 \pm 0.07 b	1.26 \pm 0.65 bc	33.27 \pm 2.51 b
Sítio 4	6.56 \pm 0.07 b	16.09 \pm 1.72 c	2.04 \pm 0.18 b	2.15 \pm 0.06 d	33.49 \pm 2.50 b
Sítio 5	6.57 \pm 0.10 b	26.09 \pm 2.28 d	3.26 \pm 0.76 c	1.79 \pm 0.42 cd	24.28 \pm 1.41 c

Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste T de Tukey a 5%.

As concentrações dos nutrientes na precipitação interna dos tratamentos foram maiores que estudos relatados na literatura, como por exemplo, numa floresta de várzea na Colômbia situada numa planície sedimentar, sendo sua concentração de $\text{Ca}^{2+} = 0.35 \text{ mg.L}^{-1}$, $\text{Mg}^{2+} = 0.20 \text{ mg.L}^{-1}$, C. org. = 5.5 mg.L^{-1} e $\text{K}^+ = 1.26 \text{ mg.L}^{-1}$ (TOBÓN et al., 2004) e numa floresta tropical de montanha no Equador apresentando concentrações de $\text{Ca}^{2+} = 0.38 \text{ mg.L}^{-1}$, $\text{Mg}^{2+} = 0.25 \text{ mg.L}^{-1}$, C. org. = 12.2 mg.L^{-1} e $\text{K}^+ = 5.5 \text{ mg.L}^{-1}$ (ZIMMERMANN et al., 2007).

A concentração de todos os nutrientes apresentou um enriquecimento significativo após passagem pelo dossel dos tratamentos, enquanto o pH ficou ligeiramente mais ácido com valores próximos de sete e sem apresentar diferença significativa.

A diversidade na composição florística dos tratamentos justifica a diferença de concentração de nutrientes no lavado do dossel. As espécies vegetais se comportam de maneira distinta em relação ao exudato liberado pelas folhas, modificando a água da precipitação quando a mesma entra em contato com o dossel.

A concentração do potássio dos tratamentos apresentou aumento em comparação a água da precipitação, com diferença significativa entre tratamentos, o avanço da sucessão ecológica aumenta a concentração de potássio na precipitação interna. O aumento da concentração do potássio após a interação da água da precipitação com o dossel da floresta é atribuído a alta lixiviação do potássio pelo tecido foliar (PARKER, 1983).

A concentração de carbono orgânico apresentou os maiores valores nos tratamentos S2, S3 e S4, sendo o nutriente com maior adição após passagem da água pelo dossel. A maior concentração deste nutriente na precipitação interna é justificada pela deposição de matéria orgânica no dossel trazida pelo vento (DINIZ et al., 2013) e pela presença da espécie *C. urceolata* a qual apresenta folha com característica porosa, retendo maior quantidade de matéria orgânica.

A concentração de cálcio e magnésio sofreu o menor índice de adição ao passar pelo dossel, fato justificado pela pouca presença destes nutrientes nos dosséis dos tratamentos. Segundo Kozłowski e Pallardy (1997), grande parte da concentração destes nutrientes

presentes no dossel é oriunda do exudato, onde os mesmos são absorvidos pelas raízes e transportados em direção às folhas.

A concentração dos nutrientes apresentou variação no ano, sendo expressa em coeficiente de variação que representa a heterogeneidade das concentrações. O pH obteve coeficiente de variação abaixo do observado na tabela, evidenciando pequena influência do meio externo e da composição dos exudatos das espécies que colonizam o local (Tabela III.3).

Tabela III.3: Coeficiente de variação (%) do pH e dos nutrientes da precipitação interna dos sítios amostrais e da literatura.

Referência	Tipo de floresta	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	C.org.
Presente estudo	Sítio 2	3	43	88	77	49
	Sítio 3	2	35	88	143	14
	Sítio 4	3	61	91	57	16
	Sítio 5	2	20	89	20	9
Zimmermann et al., 2007	Fl. tropical de montanha	52	99	125	156	54
Lin et al., 1997	Fl. subtropical úmida	59	19	-	26	-
Pedersen, 1992	Pinheiro	17 - 34	25 - 35	31 - 44	34 - 47	-
Puckett, 1991	Fl. mista	15 - 53	36 - 68	15 - 73	19 - 64	-
Seiler e Matzner, 1995	Albedo da Noruega	35	30	33	34	-
Staelens et al., 2006	Pinheiro	13	26	29	31	-

A concentração de potássio no ano se comportou de forma homogênea quando comparado com valores da Tabela III.3. A homogeneidade no ano proporciona um constante enriquecimento do solo e melhora na fertilidade em longo prazo. O variação do cálcio no ano foi superior que a maioria dos estudos citados na tabela III.3, porem foi menor que o estudo de Zimmermann et al., (2007) realizado numa floresta tropical de montanha.

De maneira geral os valores de variação do magnésio no ano estão dentro dos valores encontrados por estudos citados na tabela III.3. A variação do carbono orgânico foi menor que no estudo numa floresta tropical de montanha no equador, fato que evidencia uma entrada constante de carbono orgânico nos ecossistemas pesquisados, sendo o carbono um dos principais limitante da restauração florestal em ecossistemas empobrecidos.

A variação da concentração dos nutrientes e pH no sítio 5 apresentaram os valores mais estáveis quando comparado aos demais tratamentos do estudo. Este fato mostra um ecossistema em fase sucessional avançada em relação aos demais tratamentos proporcionando maior sustentabilidade.

A dinâmica dos nutrientes se modifica com o avanço da restauração florestal, podendo proporcionar maior oferta na precipitação interna (Figura III.11).

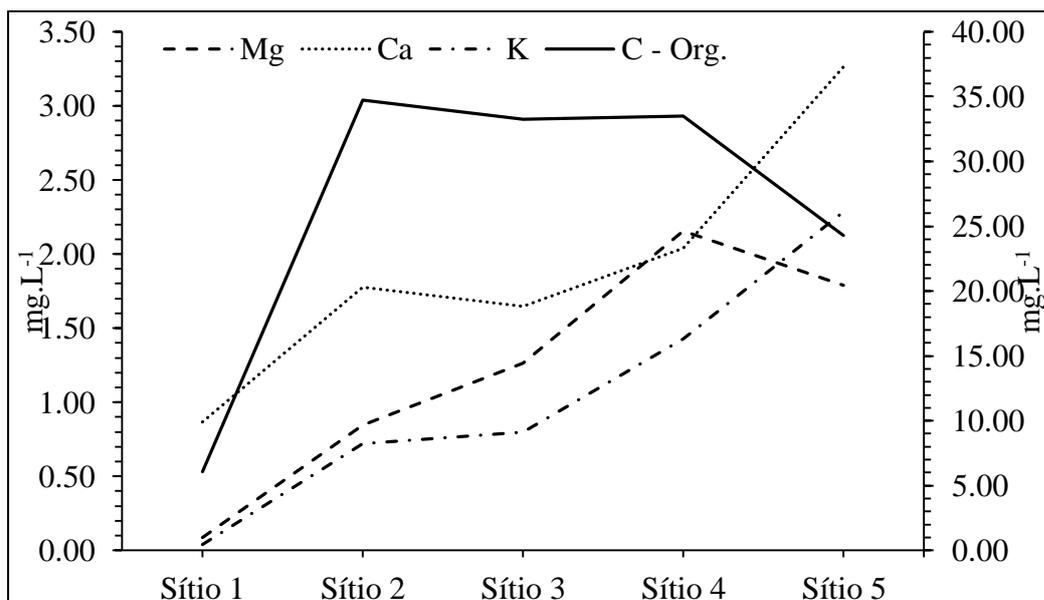


Figura III.11: A dinâmica dos nutrientes presentes na precipitação interna dos sítios amostrais. Onde o Mg^{2+} e Ca^{2+} estão vinculados ao eixo da esquerda, enquanto o K^+ e C. org. estão vinculados ao eixo da direita.

De acordo com Zimmermann et al. (2007) a distribuição estável da concentração de nutrientes da precipitação interna vai impactar sobre a fertilidade do solo. Na figura III.11 fica claro o aumento na concentração de nutrientes da precipitação interna conforme o avanço da sucessão ecológica no ecossistema com exceção do carbono orgânico e magnésio no sítio 5, recuperando a fertilidade dos solos que foram exauridos no passado. Diniz et al. (2013) verificou que a tendência de aumento da adição de nutrientes da precipitação interna acompanhou o grau de regeneração das áreas avaliadas, numa Mata Atlântica em Pinheiral – RJ. Segundo o mesmo autor uma possível explicação para esta tendência é que ambientes com nível sucessional avançado apresentam melhor ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, melhor contribuição para a sustentabilidade do ecossistema.

3.2.2 Concentração química na água percolada

Comparando os teores de nutrientes na água infiltrada nos sítios amostrais, foi constatada diferença significativa para todos os nutrientes. O pH apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela III.4).

Tabela III.4: O pH e concentração de nutrientes ($mg.L^{-1}$) na água infiltrada no solo dos sítios amostrais.

Tratamentos	pH	Nutrientes – Média anual ($mg.L^{-1}$)			
		K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	C. org.
Sítio 1	6.74 ± 0.03 a	2.13 ± 0.05 a	1.52 ± 0.23 a	0.28 ± 0.09 a	4.61 ± 0.39 a
Sítio 2	6.41 ± 0.11 bc	6.81 ± 1.48 a	3.58 ± 0.40 b	0.94 ± 0.28 a	43.38 ± 3.60 b
Sítio 3	6.40 ± 0.06 bc	16.03 ± 0.91 b	5.17 ± 0.26 c	1.85 ± 0.20 b	39.72 ± 7.95 b
Sítio 4	6.33 ± 0.02 c	19.21 ± 5.83 bc	5.64 ± 0.70 cd	3.12 ± 0.23 c	39.93 ± 6.36 b
Sítio 5	6.45 ± 0.06 b	22.63 ± 4.22 c	6.90 ± 1.51 d	2.96 ± 0.83 c	34.66 ± 4.16 b

Valores seguidos da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste T de tukey a 5%.

A diferença encontrada em relação a concentração de nutrientes entre os tratamentos pode ser causada pela heterogeneidade da serrapilheira acumulada, pelo tempo que a água demora para infiltrar, decomposição dos tecidos e liberação de nutriente (DINIZ et al., 2013).

O pH da água infiltrada sofreu redução quando comparado com o pH da água da precipitação interna. A concentração do potássio foi alterada em média 15% quando comparada a água da precipitação interna, mostrando diferença significativa.

O cálcio sofreu maior adição ao infiltrar na serrapilheira acumulada, quando comparado com os valores da precipitação interna o mesmo foi 150% maior, apresentando diferença significativa. Segundo Melo e Sá (2002), a morte dos tecidos presentes na serrapilheira acumulada proporciona a liberação de cálcio, sendo este o principal mecanismo para sua adição.

A concentração do magnésio foi 40% maior na água percolada na serrapilheira quando comparado a precipitação interna, evidenciando a eficiência dos ecossistemas em diferentes fases de restauração influenciando na sua própria sinergia.

A concentração do carbono na água percolada na serrapilheira foi 30 % maior em comparação a precipitação interna, mostrando a eficiência dos tratamentos em diferentes fases de restauração em enriquecer o ecossistema e acelerar os processos de restauração passiva.

A concentração de nutrientes percolados para o solo via água infiltrada pela serrapilheira variou no ano, mostrando através do coeficiente de variação a heterogeneidade das concentrações (Tabela III.5).

Tabela III.5: Coeficiente de variação (%) do pH e dos nutrientes da água infiltrada no solo.

Referência	Tipo de floresta	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	C.org.
Presente estudo	Sítio 1	3	31	87	145	38
	Sítio 2	4	23	87	75	15
	Sítio 3	1	22	91	48	34
	Sítio 4	2	46	91	71	18
	Sítio 5	2	19	88	51	25

Os valores do coeficiente de variação expressam homogeneidade dos tratamentos no ano, quanto mais baixa for sua variação, mais homogêneo é o lavado da serrapilheira. Tendo uma menor influência do regime pluviométrico regional e das variações climáticas.

O pH não evidenciou variações no lavado da serrapilheira no ano, mostrando que a cobertura não tem interações significativas com a acidez da serrapilheira, ou seja, os ecossistemas formados a partir da mesma espécie facilitadora não geram mecanismos de controle pela mudança da acidez da água percolada.

O cálcio foi o nutriente de comportamento mais heterogêneo dentro do lavado da serrapilheira. Este dado se justifica pela qualidade da formação vegetal dos ambientes em restauração e de sua decomposição da serrapilheira acumulada, principal via de adição de nutrientes na água infiltrada. A decomposição da serrapilheira acumulada sofre variação no ano, sendo afetada pela temperatura, umidade e atividade da fauna.

As concentrações de carbono e potássio sofreram pequena alteração no ano, mostrando que adição dos mesmos é constante e ajuda a manter a fertilidade do solo.

A concentração do potássio apresentou maior variação no tratamento S4 onde a concentração média anual foi de 19,21 mg.L⁻¹, valor superado apenas pelo tratamento S5 que apresentou 22,63 mg.L⁻¹ de forma homogênea, mostrando que o ecossistema encontra-se estruturado e liberando potássio de forma constante no ano.

A concentração de carbono se comportou de forma homogênea no tratamento S2 com valor médio anual de 43,38 mg.L⁻¹, evidenciando que a entrada da espécie *C. urceolata* proporcionou em 6 anos a homogeneização e aumento das concentrações de carbono no ano, gerando um serviço ambiental para dar suporte a restauração do ecossistema.

O avanço da restauração florestal modifica os teores de nutrientes presentes na água infiltrada (Figura III.12).

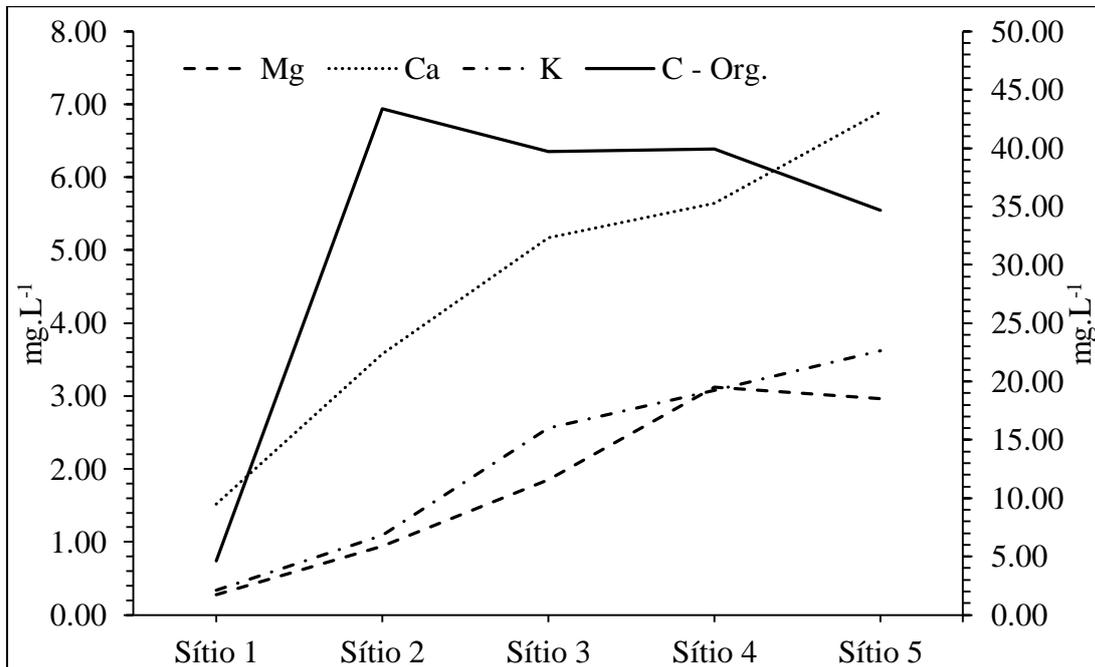


Figura III.12: Comportamento do lavado de nutrientes efetuado pela serrapilheira dos 5 níveis de restauração espontânea. Onde o Mg^{2+} e Ca^{2+} estão vinculados ao eixo da esquerda, enquanto o K^+ e C. org. estão vinculados ao eixo da direita.

A concentração de nutrientes na água infiltrada proporciona sua entrada no solo, constituindo uma importante fase dos processos biogeoquímicos na superfície do solo (GARCIA-MONTIEL et al., 2003), podendo potencializar processos de restauração florestal. As concentrações da água infiltrada justificam-se pelo fato de variação da superfície foliar da serrapilheira acumulada das florestas (LINDBERG e LOVETT 1985) e, estas variam de acordo com os seus estágios sucessionais: pastagem tem diversidade e índice de área foliar diferentes de fragmentos florestais.

Segundo Germer et al. (2007) a concentração de nutrientes sofre variações sazonais, dentro dos eventos de precipitação e devido a sua intensidade, explicando assim os resultados encontrados em relação a heterogeneidade das concentrações de nutrientes no ano na precipitação interna e água infiltrada.

A água percolada se distribui de forma homogênea na zona de raiz, a qual pode variar de 90 a 130 cm de profundidade, sendo que a presença de nutrientes nesta água vai proporcionar um enriquecimento desta camada do solo, melhorando sua fertilidade. A entrada da *C. urceolata* no ecossistema proporciona em 6 anos um aumento na concentração dos nutrientes estudados e principalmente no carbono orgânico. Tal evolução se mantém gradativa ao passar do tempo, com os tratamentos S3 (12 anos), S4 (17 anos) e S5 (32 anos), com exceção do carbono orgânico e magnésio.

4 CONCLUSÃO

Os sítios retratam processos de restauração passiva em diferentes fases, onde apresentam em comum os atributos ambientais e a presença da espécie facilitadora *Clidemia urceolata* como agente de nucleação. Os sítios tiveram administração de água e nutrientes distintos ao longo do período de 32 anos de restauração, onde a amenização térmica, interceptação na copa e serrapilheira acumulada, modificou a oferta de umidade e nutrientes destes ambientes de pastagens perturbadas, com pouca capacidade de retenção hídrica, criando condições propícias para a germinação de sementes e estabelecimento da sucessão ecológica. No fragmento florestal a serrapilheira reteve menos água e liberou máximo volume para infiltração, cujo ambiente já apresenta condições adequadas na rizosfera para comportar maior volume de água.

Nos primeiros anos da restauração, quando o ecossistema se encontra fragilizado, a oferta de nutrientes e de água se observa mais na serrapilheira, facilitando os processos, pois os solos se encontram em condições impróprias para absorção das chuvas. Estas combinações de serviços ambientais catalisam os processos de restauração.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS

Após duas gerações humanas (154 anos) de haver sido cessada as atividades cafeeiras no Vale do Paraíba do Sul, observa-se que a restauração passiva ocorreu em 21,6% das áreas perturbadas, prevalecendo ambientes com pastos improdutivos e solos desnudos, o que confere tendência de degradação inercial, que perdurará por gerações, mesmo havendo níveis mínimos de produtividade agrícola.

O modelo de restauração passiva a partir dos efeitos de nucleação com a espécie facilitadora *C. urceolata* pode ser uma alternativa ambiental e econômica de restauração, ele apresenta maior probabilidade de sucesso nas propriedades decadentes ou abandonadas com área inferior a 300 hectares, podendo melhorar condições ambientais e criar facilidades para abrigar novas alternativas de produção.

A entrada da espécie *C. urceolata* no ecossistema modificou a composição de espécies e reduziu as influências negativas das pastagens, aumentando a serrapilheira acumulada, modificando a capacidade de retenção hídrica, os fluxos da água e a ciclagem de nutrientes, condições essenciais para propiciar a melhoria das condições ambientais da restauração florestal passiva.

REFERÊNCIAS

- AERTS, R., NEGUSSIE, A., MAES, W., NOVEMBER, E., HERMY, M., MUYS, B. Restoration of dry Afromontane forest using pioneer shrubs as nurse-plants for *Olea europea* ssp. *cuspidata*. **Restoration Ecology** V.15, n.1, p.129–138, 2007.
- ARONSON, J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S. Conceitos e definições correlatos à ciência e a prática da restauração ecológica. **IF Série de Registros**, v.44, p.1-38, 2011.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore** v.27 n. 2, 2003.
- BLOW, F. E. Quantity and hydrologic characteristics of litter under upland oak forests in Eastern Tennessee. **Journal of Forestry**, v.53, p.190-195, 1955.
- BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de Nutrientes na serapilheira de um Fragmento de mata atlântica. **Revista Cerne**, v.8, n.2, p.042-059, 2002.
- BRANCALION, P. H.; VIANI, R. A. G.; STRASSBURG, B. B. N.; RODRIGUES, R. R. Finding the money for tropical forest restoration. **Unasyuva**, v.63, n.239, p.25–34, 2012.
- BREVES, R. **Santana do Pirai e a sua história**. Rio de Janeiro: Daiadorin Editora, 1994, 258p.
- BRUIJNZEEL, L. A.; WIERSUM, K. F. Rainfall interception by a young *Acacia auriculiformis* (a. cunn) plantation forest in West Java, Indonesia: application of Gash's analytical model. **Hydrological Processes**. v.1, p.309–319, 1987.
- CAMPOE, O. C.; IANNELLI, C.; STAPE, J. L.; COOK, R. L.; MENDES, J. C. T.; VIVIAN, R. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**. v.313, n.2, p.233-242, 2014.
- CEIVAP- Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos. In: **Plano da bacia do Rio Paraíba do Sul** V.1-8. Fundação Coppetec. UFRJ. Agência Nacional das Águas (ANA). 2002, 1200p. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br> Acesso em: 10 de outubro, 2014.
- CHAZDON, R.L. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**. v.320, p.1458–1460, 2008.
- CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.20, n.1, p.49-59, 2006.
- COELHO NETTO, A. L. Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): Bases para um Modelo de Formação e Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**; 4(2): 118-167. 2003.

CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Influence of pioneer-species combinations on restoration of disturbed ecosystems in the Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Arvore**, v.33, n.5, p.925-934. 2009.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: Instituto de Geociências/UNICAMP, 1992.

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Economia Ecológica: Princípios e Aplicações**. Island Press. 2003.

DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C.; MACHADO, D. L.; MENEZES, C. E. G. Precipitação e aporte de nutrientes em diferentes estágios sucessionais de floresta Atlântica, Pinheiral – RJ. **Ciência Florestal**. v.23, n.3, p.389-399, 2013.

DRUMMOND, J.A. **Devastação e preservação ambiental no Rio de Janeiro**. Niterói: EDUFF, 306p. 1997.

EMBRAPA. Classificação digital de imagens de sensoriamento remoto: tutorial básico. **Documentos 56**, 2006.

ESRI 2013. **ArcGis Desktop: Release 10.1**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

FACELLI, J. M; FACELLI, E. Interactions after death: plant litter controls priority affects in a successional plant community. **Oecologia**, n.95, p.277-282, 1993.

FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, n.57, p.1-32, 1991.

FIGUEIREDO, P. H. A.; MIRANDA, C. C.; MATEUS, F. A.; VALCARCEL, R. Germinação *ex-situ* do banco de sementes do solo de capoeira em restauração florestal espontânea a partir do manejo do sombreamento. **Scientia Forestalis**. v.42, n.101, p.69-80, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). FAO Statistical Yearbook: Latin America and the Caribbean food and agriculture. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for the Latin America and the Caribbean**. Santiago, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAOSTAT database**. Available at: faostat.fao.org. 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **State of the World's Forests 2009**, FAO, Rome, Italy. 2011.

FROUFE, L. C. M. **Decomposição de folhas de plantios de eucalipto e pupunha em um fragmento da mata Atlântica no norte Fluminense**. 2003. 142 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.

GARCIA-MONTIEL, D. C.; MELILLO, J. M.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C. Carbon limitations to nitrous oxide emissions in a humid tropical forest of the Brazilian Amazon. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, n.5, p.267–272, 2003.

GASPARINI, K. A. C.; LYRA, G. B.; FRANCELINO, M. R.; DELGADO, R. C.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F.; FACCO, A. G. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, v.20, n.1, p. 296-306, 2013.

GENOVA, K. B. de; HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Interceptação da chuva em diferentes modelos de plantio de restauração de mata ciliar em regiões de cerrado. **IF Série Reg.**, São Paulo, n. 31, p. 281-285, jul. 2007.

GERMER, S.; NEILL, C.; KRUSCHE, A. V.; GOUVEIA NETO, S. C.; ELSENBEER, H. Seasonal and within-event dynamics of rainfall and throughfall chemistry in an open tropical rainforest in Rondônia, Brazil. **Biogeochemistry**, v.86, n.2, p.155-174, 2007.

GOLLEY, F.B. **Tropical rain Forest ecosystems: structure and function**. Amsterdam: Elsevier. 392p. 1983.

GONÇALVES, J. L. M.; JUNIOR, L. R. N.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu – SP: FEPAF. p.111-163. 2003.

HIDALGO, P. R. **Esquema metodológico para el desarrollo de un plan de manejo de cuencas hidrográficas**. 1980. 120 f. Dissertação (Magister scientiae en desarrollo agrario). Facultad de Derecho, Universidad de Los Andes, Merida.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v.261, n.10, p.1558-1563, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico da Vegetação Brasileira. In: **Manuais Técnicos em Geociências**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais; 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA. 84p. 1992.

JETTEN, V. G. Interception of tropical rain forest: performance of a canopy water balance model. **Hydrological Processes**, v.10, n.5, p.671–685, 1996.

JIMÉNEZ, M. S.; CERMÁK, J.; KUCERA, J.; MORALES, D. Laurel forests in Tenerife, Canary Islands: the annual course of sap flow in *Laurus* trees and stand. **Journal of Hydrology**, v.183, p.307–321, 1996

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. Principles and their application in management and conservation**. John Wiley & Sons, New York, 1985.

KLOS, P. Z.; CHAIN-GUADARRAMA, A.; LINK, T. E.; FINEGAN, B.; VIERLING, L. A.; CHAZDON, R. Throughfall heterogeneity in tropical forested landscapes as a focal mechanism for deep percolation. **Journal of Hydrology**, v.519, p.2180-2188, 2014.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. **Physiology of woody plants**. 2nd. ed. San Diego: Academic Press, 1997. 411p.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2004. 531p.

LAURANCE, W.F.; USECHE, D. C.; RENDEIRO, J.; KALKA, M.; BRADSHAW, C. J. A.; SLOAN, S. P.; LAURANCE, S. G.; CAMPBELL, M.; ABERNETHY, K.; ALVAREZ, P.; et al. Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. **Nature**, v.489, p.290-294, 2012.

LEOPOLDO, P. R.; CONTE, M. L. Repartição da água de chuva em cobertura vegetal com características de cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES METROPOLITANAS, 6., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH. v. 3. p. 212-220. 1985.

LI, X. Y.; LIU, L. Y.; GAO, S. Y.; MA, Y. J.; YANG, Z. P. Stemflow in three shrubs and its effect on soil water enhancement in semiarid loess region of China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, p. 1501-1507, 2008.

LIMA, W. P. Hidrologia de plantações de eucaliptos. In: LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Universidade de São Paulo. p. 51-137. 1993.

LIN, T. C.; HAMBURG, S. P.; KING, H. B.; HSIA, Y. J. Spatial variability of throughfall in a subtropical rain forest in Taiwan. **Journal of Environmental Quality**, v.26, n.1, p.172-180, 1997.

LINDBERG, S. E.; LOVETT, G. M. Field measurements of particle dry deposition rates to foliage and inert surfaces in a forest canopy. **Environmental Science & Technology**, v.19, n.3, p.238-244, 1985.

LINO, C.F.; DIAS, H. **Águas e Florestas da Mata Atlântica: Por uma gestão integrada**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – caderno da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: série políticas públicas n 27. 132p. 2003.

LOPES, M. I. S.; DOMIGOS, M.; VUONO, Y. S. Ciclagem de nutrientes minerais. In: **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica: EDUR. 121p. 2002.

MARIN, C. T.; BOUTEN, W.; SEVINK, J. Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia. **Journal of hydrology**, v.237, n.1-2, p.40-57, 2000.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 143p. 2001.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.3, p.405-412, 1999.

MATEUS, F. A.; MIRANDA, C. C.; VALCARCEL, R. FIGUEIREDO, P. H. A. Estoque e Capacidade de Retenção Hídrica da Serrapilheira Acumulada na Restauração Florestal de Áreas Perturbadas na Mata Atlântica. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 336-343, 2013.

MELO, F. P. L.; PINTO, S. R. R.; BRANCALION, P. H. S.; CASTRO, P. S.; RODRIGUES, R. R.; ARONSON, J.; TABARELLI, M. Priority setting for scaling-up tropical forest restoration projects: Early lessons from the Atlantic Forest Restoration Pact. **Revista Environmental Science & Policy**, v.33, p.395 – 404, nov. 2013.

MELO, V. S.; SÁ, T. D. A. Variação temporal de nutrientes na água escorrida pelo caule em floresta primária explorada no Nordeste do Pará. **Acta Amazônica**, v. 32, n. 4 p. 605-612. 2002.

MENEZES, C. E. G. **Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ**. 2008. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MICHELANGELI, F.A., REGINATO, M. *Clidemia* in **Lista de espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9452>>. Acesso em: 17 Jun. 2014.

MITCHELL, H. H.; TEEL, M. R. Winter annual cover crops for no tillage corn production. **Journal Madison**, v.69, p.569-573, 1977.

MIRANDA, C. C. **Funcionalidade de núcleos de *Clidemia urceolata* DC. na recuperação de ambientes perturbados da Mata Atlântica**. 2012. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MIRANDA, C. C.; COUTO, W. H., VALCARCEL, R.; NUNES-FREITAS, A. F. N.; FRANCELINO, M. R. Avaliação das preferências ecológicas *Clidemia urceolata* DC. em ecossistemas perturbados. **Revista Arvore**, v.35, n.5, p.1135-1144, 2011.

MOLICOVÁ, H., HUBERT, P. Canopy influence on rainfall fields' microscale structure in tropical forests. **Journal Applied Meteorology**, v.33, p.1464-7, 1994.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicações**. São Jose dos Campos: INPE; 2001.

MORRISON, E. B.; LINDELL, C. A. Active or passive Forest restoration? Assessing restoration alternatives with avian foraging behavior. **Restoration Ecology**, v.19, n.201, p.170-177, 2011.

MOTESHARREI, S.; RIVAS, J.; KALNAY, E. Human and nature dynamics (HANDY): Modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies. **Ecological Economics**. v.101, p.90-102, 2014.

NALON, M. A.; VELLARDI, A. C. V. Interceptação na floresta secundária das encostas da Serra do Mar, região de Cubatão, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1992. Revista do Instituto Florestal, v. 4, p. 894-899. (Edição Especial).

NEAL, C., ROBSON, A. J., HALL, R. L., RYLAND, G., CONWAY, T., NEAL, M. Hydrological impacts of hardwood plantation in lowland Britain: preliminary findings on interception at a forest edge, Black Wood, Hampshire, southern England. **Journal of Hydrology**, v.127, p.349-65, 1991.

- NIEMEYER, R. J.; FREMIER, A. K.; HEINSE, R.; CHÁVEZ, W.; DECLERCK, F. A. J. Woody vegetation increases saturated hydraulic conductivity in dry tropical Nicaragua. **Vadose Zone Journal**, v.13, n.1, 2014.
- PARROTTA, J. A., KNOWLES, O. H. Restoring tropical forests on lands mined for bauxite: examples from the Brazilian Amazon. **Ecological Engineering**. v.17, n.2-3, p.219–239, 2001.
- PARKER, G. G. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. **Advances in Ecological Research**. v.13, p.57–133, 1983.
- PEDERSEN, L. B. Throughfall chemistry of Sitka spruce stands as influenced by tree spacing. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v.7, p.433–444, 1992.
- PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.1, p.173-184, 2006.
- PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhagava- PR. **Revista Floresta**, v.26, n.1/2, p.3-10, 1996.
- PUCKETT, L. J. Spatial variability and collector requirements for sampling throughfall volume and chemistry under a mixedhardwood canopy. **Canadian Journal of Forest Research**, v.21, n.11, p.1581–1588, 1991.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Brasília: PNUD. 2013. 96p.
- RADAMBRASIL. **Levantamento dos recursos Naturais**: folha SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro. v.32, p. 780. 1983.
- RENÓ, P. **A influência da Intercepção pela Serrapilheira no Processo de Reabilitação de Áreas de Empréstimo na Mata Atlântica**. 2008. 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1141–1153, 2009.
- RODRIGUES, R.R., GANDOLFI, S., NAVE, A.G., ARONSON, J., BARRETO, T.E., VIDAL, C.Y., BRANCALION, P.H.S. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**. v.261, n.10, p.1605– 1613, 2011.
- SEILER, J.; MATZNER, E. Spatial variability of throughfall chemistry and selected soil properties as influenced by stem distance in a mature Norway spruce (*Picea-abies*, Karst) stand. **Plant and Soil**, v.176, n.1, p.139–147, 1995.
- SHACHNOVICH, Y.; BERLINER, P. R.; BAR, P. Rainfall interception and spatial distribution of throughfall in a pine forest planted in an arid zone. **Journal of Hydrology**. v.349, p.168-177, 2008.

SCOWCROFT, P. G.; YEH, J. T. Passive restoration augments active restoration in deforested landscapes: The role of root suckering adjacent to planted stands of *Acacia koa*. **Forest Ecology and Management**, v.305, p.138-145, out. 2013.

SORIA, L. G. T.; COELHO, R. D.; HERLING, V. R.; PINHEIRO, V. Resposta do capim Tanzânia a aplicação do nitrogênio e de lâminas de irrigação. I: produção de forragem. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p. 430-436, 2003.

SOUZA, L. C. **Dinâmica de nutrientes na precipitação, em solução de solo e lençol freático em três tipologias florestais sobre Espodosolo, no litoral do Paraná**. 2006. 131 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, 2006.

SPSS 15.0 **Command Syntax Reference**, SPSS Inc., Chicago Ill. 2006.

STAELENS, J.; SCHRIJVER, A. D.; VERHEYEN, K.; VERHOEST, N. E. C. Spatial variability and temporal stability of throughfall deposition under beech (*Fagus sylvatica* L.) in relationship to canopy structure. **Environmental Pollution**, v.142, n.2, p.254–263, 2006.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SILVA, V. P.; VALENTIN, J. F.; VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, v.28, p.84-97, 2014.

SVRIZ, M.; DAMASCOS, M. A.; ZIMMERMANN, H.; HENSEN, I. The exotic shrub *Rosa rubiginosa* as a nurse plant. Implications for the restoration of disturbed temperate forests in Patagonia, Argentina. **Forest Ecology and Management**, v.289, p.234-242, fev. 2013.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995, 174p.

TOBÓN, C.; SEVINK, J.; VERSTRATEN, J. M. Solute fluxes in throughfall and stemflow in four forest ecosystems in northwest Amazonia. **Biogeochemistry**, v.70, n.1, p.1–25, 2004.

TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G. Dinâmica da deposição de serrapilheira em florestas secundárias do município de Pinheiral, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**; v.11, n.1, p. 39-46, 2004.

TRIMBLE, S. W.; MENDEL, A. C. The cow as a geomorphic agent – a critical review. **Geomorphology**, v.13, n.1-4, p.233–253, 1995.

TURCHIN, P.; NEFEDOV, S. A. **Ciclos Seculares**. Princeton University Press. 2009.

VALCARCEL, R.; SILVA, Z. S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Revista Floresta**, v. 21, n.1/2, p.101-114, 2000.

VALCARCEL, R. Balanço hídrico no ecossistema florestal e sua importância conservacionista na região ocidental dos Andes Venezuelanos. In: **Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais**, Curitiba, Pr. v.1, p32-35, 1985.

VALENTE, F.; DAVID, J. S.; GASH, J. H. C. Modelling interception loss for two sparse eucalypt and pine forests in central Portugal using reformulated Rutter and Gash analytical models. **Journal of Hydrology**, v.190, n.1-2, p.141–162, 1997.

VALIENTE-BANUET, A., VITE, F., ZAVALA-HURTADO, J.A. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. **Journal of Vegetation Science**. v.2, n.1, p.11–14, 1991.

VALLEJO, L. R. **A influência do Litter na distribuição das águas pluviais** [Dissertação]. Rio de Janeiro, RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 1982.

VERDÚ, M., GARCÍA-FAYOS, P. Old-field colonization by *Daphne gnidium*: seedling distribution and spatial dependence at different scales. **Journal of Vegetation Science**. v.9, n.5, p.713–718, 1998.

VOIGT, P. J.; WALSH, R. P. D. Hidrologische prozesse in bodenstreu. Einige experimentelle befunde. *Schr. Naturw*, **Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein**, v.46, p.35-54, 1976.

WITHGOTT, J. Botanical nursing. **Bioscience**, v.50, p.479–484, 2000.

ZIMMERMANN, A.; WILCKE, W.; ELSENBEER, H. Spatial and temporal patterns of throughfall quantity and quality in a tropical montane forest in Ecuador. **Journal of Hydrology**, v.343, p.80-96, 2007.

Intensiva (A)		Extensiva (B)	
3 – Rebanho vacinado?			
Sim (A)		Não (B)	
4 – Suplementação alimentar para o rebanho?			
Sim (A)		Não (B)	
5 – Rodízio de pastos?			
Sim (A)		Não (B)	
6 - Cerca entre os pastos?			
Sim (A)		Não (B)	
FATOR ECOLÓGICO			
1 – Presença de <i>Clidemia Urceolata</i> (Mixerico)?			
0 – 100 m ² /ha (A)	101 – 500 m ² /ha (B)	maior que 500 m ² /ha (C)	
2 – Presença de voçoroca?			
Sim (A)		Não (B)	
3- Numero de fragmentos florestais?			
0 – 1 (A)	2 – 3 (B)	Maior que 4 (C)	
4 – Área dos Fragmentos?			
0 – 10 ha (A)	10 – 20 ha (B)	Maior que 20 ha (C)	
5- Relação fragmento por propriedade?			
0 – 10% (A)	10 – 20% (B)	Maior que 20% (C)	