

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALINE ROBERTA DE CARVALHO SILVESTRIN

RECOMPOSIÇÃO INICIAL DE FLORESTA RIPÁRIA COM PRÁTICAS DE
COBERTURA DE SOLO E DE ADUBAÇÃO, REGIÃO METROPOLITANA DE
CURITIBA-PR

CURITIBA

2014

ALINE ROBERTA DE CARVALHO SILVESTRIN

RECOMPOSIÇÃO INICIAL DE FLORESTA RIPÁRIA COM PRÁTICAS DE
COBERTURA DE SOLO E DE ADUBAÇÃO, REGIÃO METROPOLITANA DE
CURITIBA-PR

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Silvicultura, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Ângelo.

Co-orientador: Prof. Dr. Ivan Crespo Silva.

CURITIBA

2014

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 1269/PR

Silvestrin, Aline Roberta de Carvalho

Recomposição inicial de floresta ripária com práticas de cobertura de solo e de adubação, Região Metropolitana de Curitiba-PR / Aline Roberta de Carvalho Silvestrin - 2014.

113 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Camargo Ângelo

Co-orientador: Prof. Dr. Ivan Crespo Silva

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 26/02/2014.

Inclui bibliografia

Área de concentração: Silvicultura

1. Comunidades vegetais - Paraná. 2. Essências florestais – Adubos e fertilizantes - Paraná. 3. Ecologia florestal - Paraná. 4. Teses. I. Ângelo, Alessandro Camargo. II. Silva, Ivan Crespo. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.232.322(816.2)



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER
Defesa n°. 1019

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Aline Roberta de Carvalho* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**RECOMPOSIÇÃO INICIAL DE FLORESTA RIPÁRIA COM PRÁTICAS DE COBERTURA DE SOLO E DE ADUBAÇÃO, REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA-PR**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em SILVICULTURA.

Dr. Nerilde Favaretto
Universidade Federal do Paraná
Primeiro examinador

Dr. Jorge Zbigniew Mazuchowski
EMATER/PR
Segundo examinador

Dr. Alexandre Bernardi Koehler
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Terceiro examinador

Dr. Ivan Crespo Silva
CEPLAC - Comissão Executiva do Plano L. Cacaueira
Quarto examinador

Dr. Alessandro Camargo Angelo
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 26 de fevereiro de 2014.

Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo amor, apoio, incentivo e carinho, especialmente à minha mãe por ser meu anjo da guarda.

Ao meu filho lindo por irradiar todos os meus dias com seu sorriso maravilhoso, é a minha maior motivação.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade.

Ao meu orientador Alessandro Camargo Ângelo pela orientação, apoio e ensinamentos.

Ao meu co-orientador Prof. Ivan Crespo, por arrumar um espaço na sua agenda e me orientar.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela concessão da área experimental, apoio na condução do experimento e realização das análises, pelo incentivo à realização do doutorado e instalação do projeto de pesquisa nas dependências da Universidade, representada pelo Decano Prof.º Humberto Maciel Madeira, pelos coordenadores do Curso de Agronomia Prof.ª Roseli F. M. Salles e Prof.º Airton Rodrigues Pinto Júnior e ao coordenador do Curso de Engenharia Florestal Prof.º Márcio Coraiola.

Aos meus colegas pelo apoio e incentivo Luciene, Marina, Karen e Pablo. Agradeço especialmente ao Saulo por me ensinar a estatística e me passar vários outros conhecimentos, sempre me motivando.

Aos funcionários da Fazenda e dos Laboratórios que participaram do projeto, em especial, Laira e Jéssica.

Agradeço a todos os acadêmicos do curso de Eng. Florestal e Agronomia que auxiliaram na instalação e manutenção do experimento, especialmente ao Osni, Gabriela, Alessandra Clemente, Luma, Nayssa, Suellen, Carolina Marcelli, Daniel, Erick e Maria Cristina. Agradeço especialmente aos ex-acadêmicos, agora Eng. Florestais Camila Cristiane Sestrem e Alessandra Xavier de Oliveira e Eng. Agrônomo William Q. de Almeida, pela amizade e por ajudarem a idealizar e realizar o experimento, tornando os dias de campo agradáveis e descontraídos.

Agradeço especialmente ao Prof.º Valmiqui Costa Lima por me apresentar a “Ciência do solo” e incentivar a busca por este sonho. Engenheiro Agrônomo como profissão, filósofo por opção, sua contribuição à Comunidade Acadêmica é inestimável.

Dedico

Ao meu filho, que mesmo sem poder
optar, abdicou de muitas horas da
companhia de sua mãe.

RECOMPOSIÇÃO INICIAL DE FLORESTA RIPÁRIA COM PRÁTICAS DE COBERTURA DE SOLO E DE ADUBAÇÃO, REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA-PR

RESUMO

A fragmentação das florestas nativas paranaenses ocorreu intensamente nas últimas décadas, impulsionada principalmente pelo avanço das fronteiras agrícolas. Muitas destas áreas são protegidas por lei, e devem ser preservadas devido a sua função ecológica, como é o caso das florestas ripárias. A revegetação destas áreas é fundamental, visto sua relação com a qualidade e sustentabilidade dos recursos hídricos. O presente estudo objetivou avaliar a formação inicial de uma floresta ripária utilizando indicadores de qualidade do solo e o desenvolvimento de duas espécies arbóreas nativas, submetidas a diferentes adubações e coberturas de solo. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Gralha Azul, pertencente à Pontifícia Universidade Católica do Paraná, localizada no município de Fazenda Rio Grande. Os tratamentos constaram de floresta ripária remanescente nativa (considerada área de referência), testemunha, sucessão nabo/crotalária, sucessão ervilhaca/feijão guandu, sucessão aveia preta/mucuna preta, adubação orgânica, calcário, adubação NPK, adubação NPK + calcário, adubação NPK+ calcário + orgânica. Nos tratamentos foram plantadas as espécies arbóreas *Mimosa scabrella* (bracatinga) e *Schinus terebinthifolia* (aroeira). Foram realizadas análises químicas, biológicas e físicas do solo e mensurado o crescimento inicial (altura, diâmetro) e sobrevivência das arbóreas nativas bracatinga e aroeira. Os tratamentos com aplicação de NPK, NPK+cal e NPK+cal+org apresentaram os maiores índices de cobertura de solo e intensidade da vegetação espontânea. Os diferentes tratamentos influenciaram significativamente a fertilidade do solo, a população e atividade microbiana, enquanto as características físicas do solo não foram alteradas. Decorridos doze meses após o plantio observou-se que a adubação mineral e calagem foram responsáveis pelo maior incremento em diâmetro e altura da bracatinga e da aroeira. Conclui-se que a adubação mineral foi importante para o estabelecimento das espécies arbóreas nativas testadas.

Palavras-chave: Vegetação nativa. Fitomassa. Revegetação. Fertilidade do solo.

INITIAL RECOVERY OF RIPARIAN FOREST WITH PRACTICES OF SOIL COVERING AND MANURING, METROPOLITAN REGION OF CURITIBA-PR

ABSTRACT

The fragmentation of the Paraná State's native forests has occurred intensively in recent decades, driven mainly by the expansion of agricultural frontiers. Many of these areas are protected by law and should be preserved because of their ecological function, such as the riparian forests. Regarding the relation of these areas with the quality and sustainability of water resources, the revegetation is essential. The present study aimed to evaluate the initial formation of a riparian forest using indicators of soil quality and the development of two native tree species under different fertilization and cover crops. The experiment was conducted at the Gralha Azul Experimental Farm, belonging to the Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR), located in the municipality of Fazenda Rio Grande. The treatments consisted of native remaining riparian forest (considered a referential area), witness, succession of turnip / crotalaria, vetch / faba bean, black oat / velvet bean, organic fertilizer, lime, fertilization NPK, fertilization NPK + lime and fertilization NPK + lime + organic fertilization. During the treatments, the *Mimosa scabrella* (bracatinga) and *Schinus terebinthifolia* (aroeira) species were planted. Chemical, biological and physical soil analyzes were performed and measured the initial growth (height, diameter) and survival of the native trees bracatinga and mastic. The treatments with application of NPK, NPK + lime and NPK + lime + org showed the highest levels of soil covering and intensity of spontaneous vegetation. The different treatments influenced significantly the soil fertility, microbial population and activity, whereas soil physical characteristics have not changed. Within twelve months after planting, it was observed that the mineral fertilizer and lime were responsible for the greatest increase in diameter and height for bracatinga and in height for mastic. We conclude that the mineral fertilization and lime were important for the establishment of these tree native species tested.

Keywords: Native Vegetation. Phytomass. Revegetation. Soil Fertility.

RECOMPOSICIÓN INICIAL DEL BOSQUE RIPARIO CON PRÁCTICAS DE COBERTURA DEL SUELO Y FERTILIZACIÓN, REGIÓN METROPOLITANA EN CURITIBA- PR

RESUMEN

La fragmentación de los bosques nativos de Paraná ocurrió intensamente en las últimas décadas, impulsada principalmente por el avance de las fronteras agrícolas. Muchas de estas áreas son protegidas por ley, y deben ser preservados debido a su función ecológica, como es el caso de los bosques riparios. La revegetación de estas áreas es fundamental, visto su relación con la calidad y la sostenibilidad de los recursos hídricos. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la formación inicial de un bosque ripario utilizando indicadores de calidad del suelo y el desarrollo de dos especies nativas de árboles, sometidas a distintos cultivos de fertilización y de la cobertura del suelo. El experimento se realizó en la Fazenda Experimental Gralha Azul, perteneciente a la Pontificia Universidade Católica do Paraná, ubicada en el municipio de Fazenda Rio Grande. Los tratamientos constaran en bosque ripario remanente nativo (considerado como la área de referencia), el testimonio, sucesión nabo/crotalaria, sucesión ervilhaca/frijol guandu, sucesión de avena negra/mucuna negra, fertilización orgánico, calcáreo, fertilización NPK, fertilización NPK + calcáreo, fertilización NPK + calcáreo +orgánica. En los tratamientos, fueran plantadas las especies arbóreas *Mimosa scabrella* (bracatinga) y *Schinus terebinthifolia* (aroeira). Fueran realizadas análisis químicas, biológicas y físicas del suelo y medido el crecimiento inicial (altura, diámetro) y la sobrevivencia de las arbóreas nativas bracatinga y aroeira. Los tratamientos con aplicación de NPK, NPK + cal y NPK+cal+org presentaron los mayores índices de cobertura del suelo y de la intensidad de la vegetación espontánea. Los distintos tratamientos influyeron a la química del suelo, la población y la actividad microbiana, mientras que las características físicas del suelo no han cambiado. Transcurrido doce meses después del plantío se observó que el fertilizante mineral y encalado fueron responsables por el mayor aumento en el diámetro y la altura para la bracatinga y la aroeira. Se concluye que la fertilización mineral y encalado fueron importantes para el establecimiento de especies arbóreas nativas probadas.

Palabras llaves: Vegetación nativa. Fitomasa. Revegetación. Fertilidad del suelo.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE FAZENDA RIO GRANDE, PR	43
FIGURA 2 - MÉDIAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO (mm) NOS ANOS DE 2011, 2012 E MÉDIA HISTÓRICA	44
FIGURA 3 - MÉDIAS MENSIS DE TEMPERATURA (°C) NOS ANOS DE 2011, 2012 E MÉDIA HISTÓRICA	44
FIGURA 4 - A) USO DO ESCARIFICADOR NA ÁREA EXPERIMENTAL B) SOLO APÓS A ESCARIFICAÇÃO	46
FIGURA 5 - INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E VEGETAÇÃO REMANESCENTE NATIVA	46
FIGURA 6 - ÁREA EXPERIMENTAL	48
FIGURA 7 - MUDAS DE AROEIRA (ESQUERDA) E BRACATINGA (DIREITA) DOADAS PELO IAP	49
FIGURA 8 - CROQUI DA PARCELA EXPERIMENTAL	50
FIGURA 9 - GABARITO PARA AMOSTRAGEM DA BIOMASSA DAS ESPÉCIES DE COBERTURA	52
FIGURA 10 - INCUBAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLO, EM ESTUFA, PARA AVALIAÇÃO DA RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO	54
FIGURA 11 - A) AVALIAÇÃO DO DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE BRACATINGA B) AROEIRA	56
FIGURA 12 - ÍNDICE DE COBERTURA DO SOLO, SOB DIFERENTES ADUBOS E ESPÉCIES DE COBERTURA	61
FIGURA 13 - INTENSIDADE DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA, SOB DIFERENTES ADUBOS E ESPÉCIES DE COBERTURA	62
FIGURA 14 - CRESCIMENTO DA BRACATINGA: A) TESTEMUNHA B) TRATAMENTO COM NPK+CALCÁRIO+ORGÂNICA	87
FIGURA 15 - CRESCIMENTO DA AROEIRA: A) TESTEMUNHA B) TRATAMENTO COM NPK+CALCÁRIO+ORGÂNICA	92

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - TRATAMENTOS EMPREGADOS NO EXPERIMENTO E SIGLAS UTILIZADAS.....	47
QUADRO 2 - SISTEMA DE NOTAS, PARA AVALIAÇÃO DA COBERTURA DE SOLO E INTENSIDADE DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO, NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).....	45
TABELA 2 - ANÁLISE FÍSICA DO SOLO, NA PROFUNDIDADE DE 0-5 cm (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).....	45
TABELA 3 - PRODUÇÃO DA BIOMASSA SECA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO DE INVERNO	58
TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DE pH, SATURAÇÃO POR BASES (V%) E SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO (M%), NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm	64
TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DE CARBONO, FÓSFORO E POTÁSSIO, NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm.....	64
TABELA 6 – DENSIDADE POPULACIONAL MICROBIANA DO SOLO, NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm.....	69
TABELA 7 - CARBONO CONTIDO NA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO, RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO E QUOCIENTE METABÓLICO, NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm.....	73
TABELA 8 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE FERTILIDADE DO SOLO E A POPULAÇÃO E ATIVIDADE MICROBIANA	77
TABELA 9 – DENSIDADE DO SOLO, EM g/cm ³ , SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO.....	79
TABELA 10 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DENSIDADE DO SOLO, NA PROFUNDIDADE DE 0-5 cm, EM NOV/2012.....	80
TABELA 11 – POROSIDADE TOTAL DO SOLO, EM %, SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO	81
TABELA 12 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA POROSIDADE TOTAL (%), NA PROFUNDIDADE DE 0-5 cm, EM NOV/2012.....	82
TABELA 13 – CRESCIMENTO INICIAL DE BRACATINGA EM DIÂMETRO MÉDIO (mm), EM DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO	85
TABELA 14 - CRESCIMENTO INICIAL DE BRACATINGA EM ALTURA (cm), EM DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO	86
TABELA 15 – CRESCIMENTO INICIAL DE AROEIRA EM DIÂMETRO MÉDIO (mm), EM DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO.....	89
TABELA 16 – CRESCIMENTO DE AROEIRA EM ALTURA (cm), EM DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO.....	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	HIPÓTESES.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	VEGETAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ.....	18
2.2	FLORESTAS RIPÁRIAS	19
2.2.1	Características da Vegetação sob Floresta Ripária.....	20
2.2.2	Características dos Solos Sob Floresta Ripária	20
2.3	ATRIBUTOS DO SOLO E DEGRADAÇÃO.....	21
2.4	INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DEGRADADAS ..	22
2.4.1	Fertilidade do Solo.....	23
2.4.2	Diversidade e Atividade Biológica do Solo	23
2.4.3	Física do Solo	25
2.5	ESPÉCIES PARA COBERTURA DE SOLO	26
2.5.1	Aveia Preta (<i>Avena strigosa</i> Schieb.)	27
2.5.2	Ervilhaca Comum (<i>Vicia sativa</i> L.).....	28
2.5.3	Nabo Forrageiro (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiferus</i> Metzg.).....	29
2.5.4	Mucuna Preta (<i>Mucuna aterrima</i> Piper et Tracy)	29
2.5.5	Feijão Guandu (<i>Cajanus cajan</i> L.)	30
2.5.6	Crotalária (<i>Crotalária juncea</i> L.).....	31
2.6	RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL.....	32
2.6.1	Resposta das Espécies Nativas à Fertilização	33
2.6.2	Recomposição de Florestas Ripárias	35
2.6.2.1	Bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth)	36
2.6.2.2	Aroeira (<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi).....	37
2.7	MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	38
2.7.1	Ilhas de Diversidade	38
2.7.2	Plantio de Espécies Arbóreas.....	38
2.7.3	Semeadura Direta.....	39
2.7.4	Plantio de Espécies de Cobertura e Adubação Verde.....	39
2.7.5	Transposição de Serapilheira	40

2.7.6	Instalação de Poleiros Artificiais	40
2.7.7	Nucleação.....	40
2.8	SUCESSÃO VEGETACIONAL	41
3	MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	43
3.2	INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	45
3.2.1	Adubação Mineral.....	50
3.2.2	Adubação Orgânica.....	51
3.2.3	Calagem	52
3.2.4	Manejo da Vegetação Espontânea.....	52
3.3	AVALIAÇÃO DA BIOMASSA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO.....	52
3.4	ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO.....	53
3.5	ANÁLISES BIOLÓGICAS DO SOLO	53
3.6	ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO	55
3.7	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL DE BRACATINGA E AROEIRA.....	55
3.8	PARÂMETROS QUALITATIVOS	56
3.9	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	57
3.9.1	Análise dos Dados de Fertilidade e Biologia do Solo	57
3.9.2	Análise da Física do Solo	57
3.9.3	Análise do Crescimento Inicial de Aroeira e Bracatinga	57
3.9.4	Análises Qualitativas	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1	PRODUÇÃO DE BIOMASSA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO.....	58
4.2	ÍNDICE DE COBERTURA DO SOLO	60
4.3	INTENSIDADE DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA	62
4.4	FERTILIDADE DO SOLO.....	63
4.4.1	pH do Solo.....	64
4.4.2	Saturação por Bases (V%)	65
4.4.3	Saturação por Alumínio (m%).....	66
4.4.4	Carbono Orgânico	66
4.4.5	Fósforo no Solo	67
4.4.6	Potássio no Solo.....	68
4.5	EFEITO DOS DIFERENTES TRATAMENTOS NA MICROBIOLOGIA DO SOLO ..	69

4.5.1	População Microbiana do Solo	69
4.5.2	Biomassa e Atividade Microbiana do Solo.....	73
4.6	CORRELAÇÕES ENTRE FERTILIDADE E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO.....	76
4.7	FÍSICA DO SOLO	77
4.8	SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DA BRACATINGA.....	83
4.8.1	Sobrevivência (%) da Bracatinga.....	83
4.8.2	Crescimento em Diâmetro Médio (mm) da Bracatinga	83
4.8.3	Crescimento em Altura (cm) da Bracatinga	85
4.9	SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE AROEIRA.....	88
4.9.1	Sobrevivência (%) da Aroeira	88
4.9.2	Crescimento em Diâmetro Médio (mm) da Aroeira.....	89
4.9.3	Crescimento em Altura (cm) da Aroeira.....	90
5	CONCLUSÃO	93
	REFERÊNCIAS.....	94
	ANEXOS.....	109

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se mundialmente pela biodiversidade e dimensão de suas reservas nativas. Porém a acelerada degradação da vegetação ocorrida ao longo dos últimos 40 anos tem comprometido os seus biomas e coloca em risco o equilíbrio dos ecossistemas brasileiros.

Grande parte da degradação das paisagens brasileiras ocorreu devido à adoção de práticas agrícolas inadequadas, o que é uma realidade até os dias de hoje. O uso de áreas ambientalmente frágeis, a falta de difusão do conhecimento e de conscientização ambiental, aliados ao avanço das fronteiras agrícolas, resultou no cenário atual de devastação da vegetação original.

Uma das consequências da destruição da vegetação original é a formação de ambientes fragmentados, onde a ausência da conectividade diminui a entrada de propágulos, comprometendo a formação do banco de sementes para iniciar e dar continuidade ao processo sucessional (ROGALSKI *et al.*, 2005), comprometendo assim diversas formas de vida.

O manejo sustentável da propriedade deve levar em consideração a capacidade produtiva de cada solo, prevendo medidas conservacionistas adequadas, assim como preservar e/ou revegetar as áreas de preservação permanente e reserva legal, conforme determinado na legislação.

O Código Florestal Brasileiro, de 1965, atualizado em 2012 (BRASIL, 2012), prevê proteção aos recursos florestais numa tentativa de assegurar proteção não só da flora, mas também da fauna, dos solos e dos recursos hídricos. Desta forma, destaca-se a importância da preservação da vegetação, principalmente em áreas ecologicamente sensíveis, como encostas, serras e morros, restingas, áreas mal drenadas ou adjacentes a rios e nascentes.

Dentro deste contexto, destaca-se a vegetação ripária, que devido a sua relação direta com a qualidade dos recursos hídricos (AB'SABER, 2001) merece prioridade nos programas de recomposição florestal.

A revegetação das áreas destinadas à preservação pode ocorrer de diversas maneiras. Pode ser feita a partir do isolamento da área para permitir o crescimento da vegetação, do uso de espécies para cobertura de solo e adubação verde, da

adubação e correção do solo para facilitar o estabelecimento das plantas, do plantio de mudas ou sementes de espécies arbóreas, da transposição de serapilheira, da instalação de poleiros ou da combinação de duas ou várias medidas, em talhões ou área total (ANGELO, 2007).

Considerando que o solo da área a ser revegetada muitas vezes apresenta restrições ao crescimento das plantas, muitas vezes relacionada à baixa fertilidade (DIAS, 2007), é importante que medidas sejam tomadas neste sentido. A fertilização do solo costuma apresentar resultados positivos no desenvolvimento das espécies vegetais, em especial das arbóreas pioneiras nativas (RESENDE *et al.*, 1999; FURTINI NETO *et al.*, 1999). Estas geralmente apresentam incrementos de crescimento, especialmente, com a aplicação de fósforo e calcário (SILVA *et al.*, 2011; BRONDANI *et al.*, 2008; NICOLOSO *et al.*, 2008; TUCCI *et al.*, 2007).

Uma alternativa para iniciar o processo de recomposição florestal é o uso de espécies herbáceas ou arbustivas de cobertura de solo. Entre os benefícios do uso destas plantas podemos citar a fixação biológica de nitrogênio, proteção do solo contra a erosão, ciclagem de nutrientes, aumento no teor de matéria orgânica, beneficiando as características químicas, físicas e biológicas do solo (VALICHESKI *et al.*, 2012; PENTEADO, 2010; PORTAS; VECHI, 2009; AITA; GIACOMINI, 2003).

Independente do método adotado, a revegetação de uma área poderá apresentar benefícios a serem atingidos em curto, médio e longo prazo. Os benefícios mais rápidos podem ser obtidos com o controle de erosão, melhoria da fertilidade do solo, estabilização do ciclo hidrológico, aumento da fixação de carbono e da biodiversidade. Em médio prazo, o enriquecimento e aumento da complexidade estrutural do habitat, aumento da biodiversidade e a regeneração de algumas espécies. Entretanto, o objetivo da sustentabilidade só pode ser alcançado em longo prazo (ENGEL; PARROTA, 2003).

Diante do exposto, o estudo do comportamento de espécies indicadas para a recomposição florestal é fundamental, assim como os processos facilitadores para o seu estabelecimento, tais como a adubação e o uso de espécies de cobertura de solo e a resposta em campo destas combinações.

O presente trabalho trata de um estudo em longo prazo, em que etapas futuras serão realizadas, pois além do plantio de duas espécies nativas já realizado,

está previsto o enriquecimento com espécies nativas secundárias, preferencialmente frutíferas, para facilitar a atração de insetos, aves e outros animais, ajudando a dar sequência ao processo de sucessão vegetal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o estabelecimento inicial de bracatinga e aroeira, submetidas à diferentes condições de adubações e coberturas de solo, como precursoras da recomposição de uma floresta ripária.

1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar o crescimento inicial, em altura e diâmetro de colo, de bracatinga.

Avaliar o crescimento inicial, em altura e diâmetro de colo, de aroeira.

Avaliar a produção de biomassa das espécies de cobertura de solo de inverno.

Caracterizar as alterações nas propriedades químicas do solo.

Caracterizar a densidade populacional e a atividade microbiana.

Avaliar a porosidade total e a densidade do solo.

1.2 HIPÓTESES

Bracatinga e aroeira apresentam crescimento adequado para recomposição de floresta ripária.

O uso de cobertura verde e adubações influenciam positivamente o crescimento inicial das espécies arbóreas usadas no estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 VEGETAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ

A vegetação no Estado do Paraná é composta pelas principais unidades fitogeográficas existente no país. Na região leste do Estado, limitada pela Serra do Mar, com altitude máxima de 1887 m, é encontrada a Floresta Ombrófila Densa ou Mata Atlântica. A oeste da Serra do Mar, localizada nos planaltos do Estado, com altitude média entre 800 e 1200 m, situa-se a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária. Nas regiões norte e oeste do Estado e nos vales dos rios formadores da bacia do rio Paraná, abaixo de 800 m de altitude, ocorre a Floresta Estacional Semidecidual. Há também a ocorrência de campos (intercalados por capões e florestas ripárias), de cerrado e formações pioneiras de influência marinha, fluviomarina e flúvio-lacustre (RODERJAN *et al.*, 2002).

A floresta ombrófila mista também conhecida como Mata-de-Araucária, é um tipo de vegetação dos planaltos, onde ocorria com maior frequência. A composição florística deste tipo de vegetação é dominada pelos gêneros *Drymis*, *Araucaria* e *Podocarpus*. São identificadas quatro formações: Floresta Ombrófila Mista Aluvial (associados à rede hidrográfica), Floresta Ombrófila Mista Submontana (altitudes inferiores a 400 m), Floresta Ombrófila Mista Montana (situada aproximadamente entre 400 e 1000 m de altitude), Floresta Ombrófila Mista Alti-montana (compreendendo as altitudes superiores a 1000 m) (IBGE, 2012).

Segundo Roderjan *et al.* (2002), a exploração dos recursos florestais no Estado teve início no século XIX, e iniciou-se pela planície litorânea seguindo para a Serra do mar. Nos planaltos a espécie mais visada tornou-se o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), devido a qualidade e abundância de sua madeira. As florestas estacionais, devido à localização em solos de qualidade, aliada à expansão da cultura cafeeira foi intensamente explorada, tornando-se a formação florestal paranaense mais devastada, restando o Parque Nacional do Iguaçu como fragmento remanescente mais representativo, com aproximadamente 1500 km², correspondendo menos de 4% de sua superfície original. Os campos e os cerrados foram substituídos pela atividade agropecuária, inicialmente pelas pastagens

naturais, e em seguida por cultivos de grãos e por espécies exóticas dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

2.2 FLORESTAS RIPÁRIAS

As florestas ripárias constituem-se de toda vegetação arbórea que ocorrem nas margens dos cursos d'água, independentemente da sua área, região de ocorrência ou de sua composição florística (AB'SABER, 2001).

A importância desta vegetação refere-se à preservação da quantidade e da qualidade da água, assim como a vazão dos rios, especialmente após a ocorrência de chuvas (LIMA; ZAKIA, 2001). Sua importância também está relacionada com a fauna, habitat específico de muitos organismos, também serve como abrigo, preserva as correntes de migração, áreas de reprodução, estabilidade da temperatura, importante para a manutenção do metabolismo dos organismos aquáticos e terrestres (BARRELA *et al.*, 2001).

O Código Florestal Brasileiro de 1965 obteve a sua atualização pela Lei N.º 12.651, de 25 de maio de 2012.

Segundo seu Art. 4.º a lei prevê:

Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas,

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600

(seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros (BRASIL, 2012);

A lei ainda considera:

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012) (BRASIL, 2012).

2.2.1 Características da Vegetação sob Floresta Ripária

A vegetação das florestas ripárias é condicionada pelo tipo de solo existente no local, sendo a presença de hidromorfia do solo determinante para a seleção das espécies presentes no local (DURIGAN; LEITÃO FILHO, 1995; RODRIGUES; SHEPHERD, 2001; CURCIO *et al.*, 2007; BARDDAL, 2006).

Pasdiora (2003) estudando a composição florística em solos hidromórficos e não hidromórficos, concluiu que entre as 39 espécies arbóreas encontradas, apenas 6 estiveram presentes em ambos os solos. *Sebastiania commersoniana* foi a espécie mais expressiva em ambos os compartimentos. *Myrciaria tenella* obteve destaque no solo hidromórfico, enquanto a presença de *Araucaria angustifolia* foi restrita ao solo não hidromórfico.

Segundo Roderjan *et al.* (2002), *Sebastiania commersoniana* é a espécie característica dessa formação, mas também podem ser encontradas com frequência *Araucaria angustifolia*, *Myrciaria tenella*, *Schinus terebinthifolius*, *Allophylus edulis*, *Blepharocalyx salicifolius* e *Vitex megapotamica*.

Barddal (2006) classificou *Sebastiania commersoniana*, *Erythrina crista-galli*, *Salix Humboldtiana* como espécies que suportam a saturação hídrica do solo, enquanto as espécies com resistência intermediária foram *Schinus terebinthifolius*, *Vitex Megapotamica*, *Matayba elaeagnoides*, *Luehea divaricata*, já *Araucaria angustifolia* foi classificada como não resistente a hidromorfia do solo.

2.2.2 Características dos Solos Sob Floresta Ripária

A classe de solo presente na paisagem resultará da combinação dos fatores ambientais, os principais são material de origem, tempo de intemperismo, clima, organismos e relevo (LEPSCH, 2002). Os solos presentes em ambientes ripários

possuem características próprias, visto que a variação do nível freático também influencia a sua gênese (CURCIO, 2006).

Segundo Jacomine (2001), nos locais onde há saturação hídrica permanente, há maior ocorrência de Organossolos, em seguida Gleissolos e Neossolos quartzarênicos hidromórficos. Nas áreas que apresentam drenagem boa ou moderada, ocorrem os Neossolos flúvicos e os Cambissolos.

Segundo Pasdiora (2003), nas matas ripárias o lençol freático pode ser mais superficial, como no caso do Gleissolo Háplico, caracterizando por solos hidromórficos, como também pode ser mais profundo, como por exemplo, o Neossolo Flúvico, caracterizando solos não hidromórficos.

2.3 ATRIBUTOS DO SOLO E DEGRADAÇÃO

O solo é componente fundamental do ambiente, considerado o “alicerce” para a vida nos ecossistemas terrestres. Retém e fornece nutrientes para as plantas; drena, filtra e armazena a água; proporciona suporte para as plantas (LEPSCH, 2002). O solo também é habitat de diversos organismos como a macrofauna, mesofauna e microfauna (SWIFT *et al.*, 2010), além de interferir indiretamente no ciclo de muitos outros organismos, como aves, peixes e mamíferos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). Diante de sua importância, a manutenção das suas propriedades irá influenciar diretamente na qualidade do solo e do ambiente.

O principal fator causador da degradação dos solos brasileiros está relacionado à exploração agropecuária, potencializado pelo efeito da elevada precipitação, característica de climas tropicais ((BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008; PRUSKI, 2011). Segundo Alves e Azevedo (2013), a falta de práticas conservacionistas, aliado a pouca cobertura vegetal do solo aumentam a desagregação das suas propriedades pela ação da chuva, favorecendo o seu transporte pelo escoamento superficial, fato intensificado nos meses de maior precipitação. O manejo inadequado de solos agrícolas e pastagens e a extração das florestas expõe o solo aos raios solares e à erosão.

Spera *et al.* (2004) trabalhando com diferentes sistemas de manejo do solo, com culturas anuais e pastagens, encontrou densidade do solo em subsuperfície

(10-15 cm) superior à densidade superficial, em todos os sistemas de produção, exceto para floresta subtropical, considerada área de referência, indicando que o cultivo convencional do solo contribui para a redução de sua qualidade física.

A atividade microbiana do solo também é alterada pela atividade agrícola. Alves *et al.* (2011) trabalhando com sistemas de integração lavoura pecuária, somente lavoura, somente pecuária, área de vegetação nativa e vegetação nativa recuperada, concluiu que os sistemas de cultivo interferiram negativamente na atividade biológica do solo.

Quando há necessidade de recuperação de determinada área, e as condições de degradação do solo muitas vezes não permitem que esta ocorra de maneira natural, devido às grandes alterações nas características físicas do solo, havendo necessidade de intervenção antrópica (ROGALSKI *et al.*, 2005), caso contrário o processo de recuperação poderá não ser eficiente.

Com este objetivo, a adubação e correção do solo são procedimentos muito importantes no início do processo de recuperação. Segundo Dias (2007), as espécies vegetais requerem nutrientes em quantidades adequadas e na forma disponível para a fase inicial do seu crescimento e estabelecimento. Com a evolução do processo de recuperação, as espécies começam a formar serapilheira e a ciclagem biogeoquímica passa a atuar de forma afetiva.

Nestas áreas, o não revolvimento do solo preserva a estrutura do solo, conseqüentemente, sua porosidade e capilaridade. Desta forma, os processos de trocas gasosas entre a atmosfera e o solo, assim como os processos de transferência de nutrientes e água do solo para as raízes, são gradativamente normalizados (GONÇALVES *et al.*, 2005).

2.4 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DEGRADADAS

A qualidade do solo é encontrada quando as suas propriedades encontram-se em equilíbrio, representadas pelas características físicas, químicas e biológicas. Com o uso destes parâmetros pode-se diagnosticar limitações do solo, e a utilização destes indicadores pode fornecer informações para referência, comparando-as com áreas pouco alteradas.

A degradação de um ou mais destes indicadores pode levar ao comprometimento da capacidade do solo em sustentar qualquer tipo de vida, resultando em diminuição da biodiversidade existente no local.

2.4.1 Fertilidade do Solo

O fornecimento de nutrientes para a área a ser recuperada é de fundamental importância, pois além de garantir a recomposição vegetal, favorece a retomada da dinâmica e interação entre os diferentes organismos. A recuperação de um sistema degradado tem como fundamento restabelecer as condições ideais do solo para que ele possa voltar a desempenhar as funções de um sistema natural em equilíbrio (DIAS, 2007).

Para Gomes e Filizola (2006) os principais indicadores químicos da qualidade do solo são pH, carbono orgânico, capacidade de troca catiônica (CTC), teor de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, condutividade elétrica e sais solúveis totais. Segundo Silveira (2005), a matéria orgânica do solo é um dos melhores indicadores a serem utilizados, pois o manejo pode influenciá-la diretamente e está correlacionada com características químicas, físicas e biológicas. O problema no uso deste indicador é que as variações significativas serão observadas em longo prazo.

2.4.2 Diversidade e Atividade Biológica do Solo

A degradação causa efeito negativo também na microbiologia do solo, resultando em queda na densidade, atividade e biomassa microbiana (SILVEIRA *et al.*, 2005). A recuperação de uma área lentamente reestabelecerá a comunidade microbiana do solo, sendo o tempo o fator mais importante para que isto ocorra. Segundo Carneiro *et al.*, (2008), a biomassa microbiana e a atividade enzimática apresentaram valores semelhantes à área de referência no primeiro ano de recuperação, já os teores de carbono orgânico e nitrogênio total atingem índices satisfatórios após 18 anos de recuperação.

O estado de degradação ou de recuperação de um solo pode ser avaliado com o uso de indicadores biológicos, entre eles os mais utilizados são carbono da biomassa microbiana (SILVA E. E. *et al.*, 2007; ARAGÃO *et al.*, 2012), nitrogênio da biomassa microbiana, fosfatase ácida, matéria orgânica, carbono orgânico e fósforo disponível (ARAGÃO *et al.*, 2012). Enquanto Lima *et al.* (2007), consideraram em seu estudo, a fauna edáfica o indicador mais preciso.

Segundo Insam e Domsch (1988), o quociente metabólico, obtido pela razão entre respiração basal microbiana e carbono da biomassa microbiana, é um indicador bastante sensível das variações no solo, e tende a diminuir durante a evolução de um ecossistema. Enquanto a biomassa microbiana é um indicador de fácil e rápida obtenção, mas é melhor usada para identificar variações expressivas, como mudanças de manejo e contaminações.

A densidade populacional de bactérias, fungos e actinomicetos esta estreitamente correlacionada com a fertilidade do solo, mas a umidade do solo, o teor de matéria orgânica e as variações climáticas entre estações do ano também podem interferir na sua atividade (CATTELAN, 1989; CATTELAN; VIDOR, 1990).

A transformação dos solos de mata em solos agrícolas impacta nas suas características físicas, químicas e conseqüentemente, na sua biologia. Mesmo os solos manejados em plantio direto, com culturas perenes, integração lavoura-pecuária, sistemas agroflorestais ou sistemas orgânicos, têm a sua comunidade micro, meso e macrofauna intensamente alterados. Segundo Alves *et al.* (2011), a comunidade microbiana encontrada em solos de vegetação nativa, é maior quando comparados a solos cultivados, já que a microbiota é favorecida pela cobertura vegetal devido ao maior acúmulo de material orgânico, fornecendo maior quantidade de nutrientes, assim favorecendo o desenvolvimento da população microbiana.

Em solo degradado, a correção da fertilidade do solo e o cultivo de espécies vegetais fixadoras de nitrogênio e produtoras de grandes quantidades de biomassa são capazes de promover a recuperação da população microbiana (CATTELAN; VIDOR, 1990).

A serapilheira e a rizosfera são os locais que apresentam maior densidade de organismos edáficos, provavelmente devido as melhores condições de umidade, aeração, temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes (SOUTO *et al.*, 2008).

Segundo Bolota *et al.* (1998), o sistema de manejo do solo, em especial o preparo do solo influencia profundamente o carbono da biomassa microbiana (CBM) e a respiração basal do solo. Em seu estudo, os autores (*ibidem*) evidenciaram que o plantio direto foi responsável pelo incremento médio em até 118% para o CBM e 73% para respiração basal do solo em relação ao plantio convencional, enquanto o valor médio do quociente metabólico apresentou redução de 28% no plantio direto em relação ao convencional.

2.4.3 Física do Solo

As propriedades físicas do solo podem ser determinantes para crescimento das plantas, pois garantam o adequado armazenamento e drenagem de água, aeração para as raízes, menor impedimento físico ao crescimento, melhor sustentação das plantas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Segundo Mendes *et al.* (2006), índices como crescimento radicular e diâmetro médio dos agregados do solo são bons indicadores da qualidade física do solo em áreas em recuperação. Para Gomes e Filizola (2006) os melhores indicadores são a textura, estrutura, compactação, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível e percolação da água.

A perda da qualidade física do solo geralmente afeta estes indicadores de maneira conjunta, pois todos estão correlacionados. De acordo com Pruski (2011), a degradação física pode ser caracterizada pela redução da porosidade do solo. Assim, a erosão e a compactação são os principais processos que contribuem para este processo.

A conservação destas propriedades pode ser conseguida pela cobertura vegetal, quanto maior a cobertura, maior o potencial de proteção do solo contra a erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

A recuperação física do solo não é um processo rápido. Alves *et al.* (2007), trabalhando com espécies arbóreas em consórcio com adubação verde, preparo do solo e adição de lodo, encontrou valores satisfatórios de recuperação física do solo no primeiro ano do plantio. Porém Neves Júnior *et al.* (2013), após 40 meses do

início do estudo, concluiu que os sistemas de manejo com preparo de solo e em plantio direto, não alteraram a física do solo.

2.5 ESPÉCIES PARA COBERTURA DE SOLO

A recuperação de áreas degradadas é um processo lento e difícil, sendo necessária a escolha de plantas com boa capacidade de crescimento e desenvolvimento e adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo. Além desses procedimentos, a adição de matéria orgânica é muito utilizada, com o objetivo de melhorar as propriedades do solo (ALVES *et al.*, 2007). A utilização de espécies de cobertura do solo pode promover melhorias em vários compartimentos de um ambiente degradado.

Plantas como ervilhaca, feijão guandu, entre outras, são muito usadas como adubação verde, pois melhoram as condições do solo. Após a cobertura do solo por estas plantas, pode-se realizar na área o plantio de mudas de espécies arbóreas, a semeadura direta, a transposição de serapilheira e a instalação de poleiros. Em casos extremos, áreas compactadas podem ser submetidas à subsolagem, viabilizando o crescimento de mudas arbóreas (ANGELO, 2007).

A eficiência das plantas de cobertura de solo nas áreas em processo de recuperação é conhecida e bastante estudada. Além do baixo custo, proporcionam vantagens como ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, aumento no teor de matéria orgânica, aumento da atividade e diversidade biológica, diminuição da compactação do solo, cobertura da superfície do solo, diminuição dos processos erosivos e perdas de solo.

O uso de coberturas anuais em ambientes degradados pode ser importante pela imobilização de nutrientes na biomassa das plantas. Estes seriam rapidamente lixiviados em solos expostos, especialmente nos arenosos, com maior potencial de lixiviação. O uso de consórcios entre diferentes espécies apresentou bons resultados, não só para recuperação e conservação do solo (incluindo sua aeração e adubação), mas também para minimizar a entrada de plantas invasoras perenes, além de atrair insetos polinizadores e aves granívoras (BECHARA *et al.*, 2005).

A utilização espécies leguminosas e gramíneas promove aumento nos teores de carbono orgânico total, mesmo as espécies apresentando diferentes potenciais de adição de matéria orgânica no solo. Também podem ocorrer melhorias na capacidade de troca de cátions, aumento nos teores de potássio e magnésio, principalmente na camada superficial, obtendo considerável acúmulo de matéria orgânica superficial (SANTOS *et al.*, 2001).

Segundo Milanez Júnior *et al.* (2005), a estabilização de áreas com solo exposto deve ser rápida, assim, a velocidade de estabelecimento da cobertura vegetal é uma característica de essencial importância na escolha da espécie para reduzir os processos erosivos.

O uso de coberturas com espécies vegetais pode alterar a temperatura do solo, em estudos realizados por Castro *et al.* (2004) ocorreu redução em até 3°C no solo sob cobertura, comparado ao solo descoberto.

Segundo Bechara *et al.* (2005), outra característica importante das espécies de cobertura é ter flores atrativas para as abelhas nativas e outros insetos, sementes predadas por aves granívoras, boa competidora com espécies invasoras perenes e entrar em senescência em curto período após a semeadura, permitindo a sucessão através da regeneração natural.

2.5.1 Aveia Preta (*Avena strigosa* Schieb.)

A aveia preta (*Avena strigosa*) é uma gramínea conhecida pela sua rusticidade, exigente em água, com excelente capacidade de perfilhamento e produção de massa verde. É normalmente mais resistente às pragas e doenças que as aveias branca e amarela. Propicia melhoria das condições físicas, químicas e sanitárias dos solos. A sua palhada promove a redução da população de plantas espontâneas devido ao rápido recobrimento do solo (PORTAS e VECHI, 2009).

A espécie possui maior uso no sul do Brasil devido a maior adaptação ao clima, mas pode ser usada em outros estados, desde que tenha inverno ameno e bom suprimento de água. Por possuir maior rusticidade, apresenta bom potencial de crescimento em solos de baixa fertilidade, além de possuir resistência a estiagens (PENTEADO, 2010).

Segundo Aita e Giacomini (2003), a aveia apresenta boa cobertura de solo e a sua degradação é lenta, devido a sua alta relação C/N. Ao final do primeiro mês do corte das plantas, 81 % da matéria seca inicial permaneceu na superfície do solo, conservando a umidade e protegendo-o contra erosões. Pode ser uma boa alternativa para uso em consórcios, pois o aumento da relação C/N diminui a velocidade de degradação da biomassa.

Para Valicheski *et al.* (2012) a aveia preta apresenta bom potencial de uso em solo compactado, considerando o seu sistema radicular fasciculado as raízes conseguiram se desenvolver bem entre as fissuras do solo, garantindo bom desenvolvimento da parte aérea.

2.5.2 Ervilhaca Comum (*Vicia sativa* L.)

A ervilhaca comum (*Vicia sativa*) é uma leguminosa trepadeira muito usada para cobertura do solo no inverno, em especial no sul do País. Apresenta floração plena entre 130 e 170 dias e produção de matéria seca de 2 a 5 toneladas/ha (SOUZA; PIRES, 2002). Segundo Formentini (2008), a espécie fixa entre 120 a 180 kg de nitrogênio/ha.

Conforme Penteado (2010) a espécie apresenta rápido crescimento, o que proporciona bom recobrimento da área, protegendo o solo. Não é exigente em irrigação, produzindo bem em solos com baixa umidade. Apresenta melhor resposta em solos corrigidos, sem problemas de deficiência de cálcio e fósforo.

Devido a sua menor relação C/N, a degradação da sua biomassa é rápida. Segundo Aita e Giacomini (2003), após um mês do corte das plantas, apenas 57% da matéria seca da espécie permaneceu na superfície do solo. Para reduzir este problema e aumentar o tempo de degradação do material, uma boa alternativa é o uso da espécie com consórcio com outras plantas de maior relação C/N, por exemplo, a aveia.

2.5.3 Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.)

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) é uma espécie herbácea normalmente utilizada como cobertura de inverno. Seu sistema radicular pivotante e agressivo é capaz de romper camadas de solo compactadas a profundidades superiores a 2 m, favorecendo o crescimento das plantas subsequentes. Apresenta também características alelopáticas, inibindo a emergência e o desenvolvimento de algumas plantas invasoras indesejáveis (PENTEADO, 2010).

A espécie apresenta elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, sendo indicado na rotação de culturas. Além de possuir um período de floração considerado longo, maior de 30 dias, mostra-se muito útil à atração de abelhas melíferas (BEVILAQUA *et al.*, 2008).

Nos estudos de Silva A. A. *et al.* (2007) a espécie produziu 5,9 toneladas /ha de matéria seca em cultivo solteiro, apresentando também boa produtividade em sistemas consorciados, o que ocasionou a maior quantidade de nitrogênio acumulado na matéria seca.

O efeito alelopático da espécie é relatado por alguns autores. Rufato *et al.* (2007) evidenciou este efeito na cultura do pêsego, pois quando usado em consórcio com o nabo forrageiro, apresentou redução no diâmetro do tronco e comprimento dos ramos. Resultados semelhantes foram encontrados por Spiassi *et al.* (2011) testando o efeito alelopático do nabo sobre a cultura do milho. O uso desta cobertura reduziu o crescimento inicial das plantas de milho.

2.5.4 Mucuna Preta (*Mucuna aterrima* Piper et Tracy)

A mucuna preta (*Mucuna aterrima*) é uma leguminosa usada para cobertura do solo em regiões de clima quente. A espécie possui hábito trepador e o seu florescimento ocorre entre 140 e 180 dias. Produz entre 40 e 50 toneladas de massa verde, 6 a 9 toneladas de massa seca e fixa entre 180 e 350 kg de nitrogênio por ha/ano (FORMENTINI, 2008).

A espécie possui bom potencial de incorporação de nutrientes ao solo, especialmente o potássio e magnésio (NASCIMENTO *et al.*, 2003).

Segundo Wojcik *et al.* (2012), a mucuna preta apresentou a melhor produção de biomassa seca, tanto da parte aérea, quanto da raiz, quando comparada a outras leguminosas de clima quente, em condições de solo degradado. Estes dados são importantes, pois em condições de solo com baixa fertilidade, a espécie pode ser uma boa alternativa para recobrimento da área.

De acordo com Bechara (2006), o uso desta espécie pode ser limitante em áreas de regeneração natural, devido ao seu vigor e rusticidade a espécie pode cobrir rapidamente o solo, produzir muita biomassa e invadir áreas vizinhas, atrapalhando a regeneração natural. Pode ser uma boa alternativa para uso em áreas degradadas com solo exposto, em que seja necessário o rápido recobrimento vegetal da área.

Esta planta de cobertura também pode ser usada no controle de nematoides. Estudos realizados por Lopes *et al.* (2005) demonstraram que a incorporação da biomassa seca de mucuna ao solo infestado com *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* reduziu o número de galhas das duas espécies.

2.5.5 Feijão Guandu (*Cajanus cajan* L.)

O feijão guandu (*Cajanus cajan*) é uma leguminosa arbustiva, semi-perene, que apresenta crescimento inicial lento, grande rusticidade e sistema radicial robusto. É uma espécie fixadora de nitrogênio que pode fixar até 280 kg de nitrogênio/ha/ano (PENTEADO, 2010). Teixeira *et al.* (2005) obtiveram produção de biomassa fresca de 2500 kg/ha e biomassa seca de 676 kg/ha, podendo ser uma boa alternativa de consórcio com outras espécies.

O aspecto limitante do uso da espécie pode estar relacionado ao seu desenvolvimento em condições de compactação do solo. Nos estudos de Farias *et al.* (2013), o aumento da densidade do solo promoveu diminuição do número de ramos, folhas, diâmetro do caule e altura das plantas e a produção de matéria seca apresentou diminuição de 77,72% com o aumento da densidade do solo. Segundo os autores (ibidem), a espécie não é recomendada com o objetivo de descompactar o solo.

Estudos de Aragão *et al.* (2012) demonstraram que o manejo da cobertura verde no solo, como o uso de feijão de porco e feijão guandu, aumentou significativamente o teor de matéria orgânica do solo (MOS), provavelmente pela produção de biomassa das duas espécies.

Segundo Bechara (2006), o feijão guandu possui bom potencial de uso como cobertura de solo em áreas de recomposição vegetal. Suas flores são atrativas de abelhas, nativas e exóticas, vespas, formigas, besouros e borboletas, e apesar do seu porte alto e senescência tardia, não afeta o estabelecimento de espécies arbóreas nativas.

2.5.6 Crotalária (*Crotalária juncea* L.)

A Crotalária (*Crotalária juncea*) é uma espécie de clima tropical, da família das leguminosas, bastante utilizada como adubo verde devido ao seu rápido crescimento, supressão de ervas espontâneas, ao grande potencial de produção de biomassa e fixação biológica de nitrogênio (PEREIRA *et al.*, 2005).

Segundo Formentini (2008), a espécie produz entre 40 e 60 toneladas de massa verde e entre 6 a 8 toneladas de massa seca/ha/ciclo e fixa entre 180 e 300 kg/ha/ciclo de nitrogênio ao solo.

Estudos de Castro *et al.* (2004) demonstraram que a crotalária disponibilizou cálcio, magnésio e nitrogênio para a cultura subsequente. O nitrogênio apresentou aumento na quantidade disponibilizada 191% maior do que a gramínea testada. No estudo também ficou comprovada a sua capacidade de controle da vegetação espontânea.

Outra característica importante da espécie é a atratividade das suas flores, pois a atração de insetos e aves é importante para dispersão das sementes e também atração de outros componentes da fauna (BECHARA *et al.*, 2005). Segundo Bechara (2006), o uso desta espécie possibilitou o estabelecimento da regeneração natural.

2.6 RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL

A escolha das espécies para recomposição florestal é um processo fundamental, pois geralmente o solo apresenta alguma restrição ao crescimento adequado de plantas e estas devem ser adaptadas às condições edáficas do local para garantir o recobrimento eficiente do solo. Segundo Carpanezzi e Capanezzi (2006), a escolha das espécies para recomposição florestal no Estado do Paraná deve priorizar as espécies nativas e também levar em considerações as sub-regiões de ocorrência.

A seleção das espécies também deve considerar a interação biótica com pássaros e insetos polinizadores. Quanto maior a diversidade das espécies, mais rápida a recuperação da resiliência local (REIS; KAGEYAMA, 2008).

As plantas demonstram exigências diferentes de luz e de umidade do solo, entre outras características. Dessa maneira, uma área exposta à luminosidade direta favorecerá algumas plantas e desfavorecerá outras, ou seja, algumas plantas crescerão bem em condições de maior luminosidade enquanto outras crescerão melhor em condições de sombra (ANGELO, 2007).

A utilização de espécies pioneiras, com características de rusticidade pode ser uma boa alternativa. Segundo Corrêa (2006), este grupo sucessional de plantas suporta bem as condições adversas de substrato e microclima. As espécies sucessionais posteriores, secundárias e climáticas, possuem vantagens competitivas quando há melhores condições de solo. Apesar das condições adversas, covas adubadas podem se comportar como substratos de estágios secundários ou climáticos, devido a maior disponibilidade de matéria orgânica e de nutrientes fornecidos pela adubação. Devido a isto algumas espécies mudam o comportamento quando plantadas em substratos adubados.

No processo de promover uma nova dinâmica de sucessão, espécies componentes da comunidade, ao completarem seu ciclo de vida modificam as condições físicas e biológicas do ambiente, permitindo que outros organismos mais exigentes possam colonizá-lo. Formam-se núcleos, a partir de espécies promotoras, que se espalham e possibilitam um aumento na capacidade de se conectar a

fragmentos vizinhos, acelerando a resiliência das áreas degradadas (TRES *et al.*, 2005).

A demanda por nutrientes é maior nas espécies de estágios sucessionais iniciais, pioneiras e secundárias iniciais, devido ao maior potencial de crescimento e síntese de biomassa. Assim, fornecimento de nutrientes pela adubação é importante, principalmente em solos com baixa fertilidade. A necessidade de nutrientes também é variável entre as diferentes espécies, estações climáticas e estágio de crescimento da planta (FURTINI NETO *et al.*, 2005).

2.6.1 Resposta das Espécies Nativas à Fertilização

O bom desenvolvimento das mudas, tanto na fase de viveiro quanto em campo, pode ser determinante para o sucesso da recomposição florestal. Com este objetivo, vários trabalhos vêm sendo realizados buscando obter dados sobre o comportamento das espécies nativas em relação à fertilização mineral e orgânica, assim como estabelecer doses adequadas.

O uso do calcário é um dos procedimentos mais usados para fornecer as doses adequadas de cálcio e magnésio, assim como corrigir os teores tóxicos de alumínio, sendo responsável também pelo aumento do pH do solo ou substrato (RAIJ, 1981). Mas a resposta das espécies nativas a correção é variável. Segundo Nicoloso *et al.* (2008), a grápia (*Apuleia leiocarpa*) além de não responder positivamente à calagem, apresentou diminuição do crescimento das plantas quando aplicado calcário, provavelmente devido a adaptação da espécie às condições de acidez do solo. Para Silva *et al.* (2011) as doses de calcário testadas não produziram incrementos significativos nas espécies, entretanto, algumas apresentaram bom potencial de crescimento, podendo ser recomendadas para iniciar a sucessão ecológica em áreas degradadas, entre elas Gonçalo Alves (*Astronium fraxinifolium*), Mutamba (*Guazuma ulmifolia*), Angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), Ingá (*Inga edulis*).

Os estudos de Furtini Neto *et al.* (1999) concluíram que as espécies pioneiras e secundárias, quando cresceram em solo corrigido apresentaram os maiores conteúdos de Ca, Mg e P, refletindo em maior produção de matéria seca total.

Enquanto as espécies climáticas não tiveram os teores foliares alterados, refletindo a baixa resposta das espécies à calagem.

Para Tucci *et al.* (2007) a calagem associada à fosfatagem corretiva e a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio resultaram em baixos teores de alumínio e altos teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio no solo, ocasionaram maiores teores de nutrientes nas plantas, os quais proporcionaram maior crescimento.

A adubação mineral, especialmente com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), é uma forma rápida e eficiente de fornecer os nutrientes essenciais ao crescimento das plantas (RAIJ, 1981). Segundo Skrebsky *et al.* (2008), mudas de *Pfaffia glomerata* apresentaram expressiva redução no crescimento com a omissão de nitrogênio, potássio, enxofre e fósforo na adubação. Enquanto as omissões de magnésio e dos micronutrientes não foram limitantes para o crescimento das mudas. Para Nicoloso *et al.* (2008) a adubação NPK e enxofre resultou em aumento de crescimento das plantas em condição de solo ácido (pH 4,8) em mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*).

Segundo Braga *et al.* (2007), solos adubados e ricos em matéria orgânica resultam em maior crescimento em diâmetro das espécies arbóreas, assim como maiores produções de biomassa seca da parte aérea, raiz e total em mudas de ipê-amarelo, ipê-preto, sibipiruna e jacarandá-da-baía.

A adubação de fósforo promoveu aumento nos teores foliares de fósforo, potássio e nitrogênio, aumentou a altura, área foliar e produção de matéria seca das plantas de *Bauhinia forficata*, demonstrando a grande exigência da espécie pelo fósforo na fase inicial de crescimento (BRONDANI *et al.*, 2008).

Conforme os estudos de Resende *et al.* (1999), as espécies pioneiras são mais exigentes ao suprimento de fósforo, resultando em crescimento inicial maior quando o nutriente é fornecido em doses adequadas. Enquanto as espécies clímax apresentaram pouca exigência pelo nutriente, provavelmente devido ao crescimento inicial mais lento.

Nave (2005), avaliando o banco de sementes em campo, concluiu que *Croton floribundus*, *Rapanea ferruginea* e *Trema micranta*, apresentaram incremento em altura de 262,5%, 77,0% e 26,9% respectivamente, nas áreas adubadas quando

comparadas às áreas não adubadas. Este resultado demonstra a resposta diferenciada das espécies em relação à adubação e que este procedimento pode auxiliar no estabelecimento das plantas em campo.

Uma alternativa à adubação mineral convencional é o fornecimento de adubos de liberação controlada, em que os nutrientes são liberados gradativamente. Vandresen *et al.* (2007) testando a fertilidade do substrato em viveiro, verificaram que o adubo de liberação controlada influenciou positivamente o crescimento relativo das mudas, influenciando também o desempenho destas em campo. Para Moraes Neto *et al.* (2003) a utilização de adubo de liberação controlada resultou em aumento da qualidade das mudas das espécies nativas *Guazuma ulmifolia*, *Croton floribundus*, *Meltophorum dubium*, *Gallesia integrifolia* e *Myroxylon peruiferum*.

2.6.2 Recomposição de Florestas Ripárias

A recomposição florestal é importante em áreas que sofreram degradação intensa e que necessitam deste procedimento para retomarem as funções que exerciam no ambiente. Incluídas nestas áreas estão as matas ripárias, que por sua relação com os cursos d' água e nascentes, devem ser consideradas prioritárias.

Segundo Kageyama e Gandara (2001), a revegetação de áreas de preservação permanente ou de áreas degradadas deve contemplar o maior número de espécies nativas possível, com o objetivo de promover a recuperação da estrutura e da dinâmica da floresta. Para isto, é recomendável plantio de 60% de espécies pioneiras nativas (30% de pioneiras típicas e 30% de pioneiras secundárias), e 40% de mudas não pioneiras (80% de espécies comuns e 20% de espécies raras). No modelo sucessional, que objetiva dar condições para que a regeneração plantada evolua naturalmente, as espécies pioneiras tem especial importância, considerando que estas darão condições para que as mudas das espécies não pioneiras se desenvolvam adequadamente.

Segundo Carpanezi e Capanezi (2006), para a recomposição de floresta ripária, é recomendado a utilização de pelo menos 30 espécies, intercalando-as entre plantas pioneiras, secundárias e clímax. Segundo estes autores (*ibidem*), a

bracatinga e a aroeira são duas espécies recomendadas para compor este tipo de vegetação no estado do Paraná.

A bracatinga (*Mimosa scabrella*) pertence ao grupo sucessional pioneiro, enquanto a aroeira (*Schinus terebinthifolia*) é classificada como secundária inicial (RENNER *et al.*, 2010).

Regensburger *et al.* (2008), encontrou ótimos resultados de crescimento e sobrevivência trabalhando com a espécie arbórea bracatinga, em áreas degradadas pela mineração. Knapk *et al.* (2005) concluiu em seus estudos que a aroeira foi a espécie nativa que melhor respondeu a adubação.

2.6.2.1 Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth)

A bracatinga, pertence à Família Leguminosae (LORENZI, 2008), conhecida pela fixação biológica de nitrogênio. É uma espécie sensível à má drenagem do solo, mas pode se desenvolver em solos rasos. Responde positivamente à adubação com fósforo e potássio. Pela característica da espécie, pode-se reduzir ou eliminar a aplicação de nitrogênio. Também responde à correção de teores tóxicos de alumínio e manganês, assim como o suprimento adequado de Ca (CARPANEZZI; LAURENT, 1988).

A espécie é considerada pioneira (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 2006) e normalmente é manejada a partir da regeneração natural induzida pelo fogo. Na região metropolitana de Curitiba-PR, as formações da bracatinga, os chamados “bracatingais” de regeneração induzida e controlada, existem há várias décadas (CARPANEZZI, 1986), comuns até os dias de hoje (MAZUCHOWSKI, 2012).

A bracatinga apresenta bom potencial de uso em áreas degradadas. Regensburger *et al.* (2008), trabalhando com a espécie arbórea *Mimosa scabrella* (bracatinga) encontrou bons resultados de crescimento e sobrevivência de 92% após nove meses de avaliação, a espécie apresentou copas densas que sombreiam e protegem o solo. A bracatinga pode ser indicada para revegetação de terrenos erodidos, sendo a sua serapilheira capaz de liberar de 218 a 253 kg/ha/ano de nitrogênio e de 7384 a 8490 kg/ha/ano de material orgânico (CARPANEZZI, 1986).

A fertilidade do solo e suas características físicas, na maior parte dos casos, são determinantes para o sucesso da recomposição vegetal. Assim, medidas que visem melhorar tais características geralmente apresentam bons resultados. Segundo o estudo realizado por Baggio e Carpanezzi (1997), a bracatinga extrai 484 kg/ha de nitrogênio; 13 kg/ha de fósforo; 269 kg/ha de potássio; 129 kg/ha de cálcio; 50 kg/ha de magnésio; e 35 kg/ha de enxofre, considerando a biomassa aérea total, evidenciando a necessidade de fornecimento destes nutrientes ao solo para o bom desenvolvimento da espécie.

Diversos autores obtiveram incrementos no crescimento da bracatinga quando corretivos e/ou fertilizantes foram incluídos no cultivo (MAZUCHOWSKI, 2012; CLAUBERG, 2005; VASQUEZ, 1987).

2.6.2.2 Aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi)

A aroeira pertence à Família Anacardiaceae. Além das flores serem melíferas, os frutos muito procurados pela avifauna. É uma planta perenifólia, heliófita, comum em beiras de rios, córregos e em várzeas úmidas de formações secundárias, contudo, cresce também em terrenos secos e pobres. É amplamente dispersa por pássaros, o que explica sua boa regeneração natural. Sua dispersão é ampla, ocorrendo desde a restinga até as florestas pluvial e semidecídua de altitude (LORENZI, 2008).

Em áreas degradadas, é desejável que as espécies que iniciarão o recobrimento de uma área degradada possuam capacidade de adaptação às restrições do solo, que geralmente apresentam baixos teores de nutrientes e compactação, o que resulta em baixo potencial de crescimento das plantas (REIS; KAGEYAMA, 2008). Dados obtidos por Grisi (2010) demonstraram o bom crescimento da aroeira em floresta ripária, mesmo em solos de baixa fertilidade. A espécie também apresenta bom potencial de crescimento em áreas sujeitas ou não ao alagamento (POZZOBON *et al.*, 2010).

Esta espécie é indicada para plantio em matas ciliares no Estado do Paraná (RENNER *et al.*, 2010). Segundo Carpanezzi e Carpanezzi, (2006), a aroeira apresenta capacidade nucleadora, pois seus frutos atraem aves, e as plantas

produzem frutos grande parte do ano. É recomendável que plantas nucleadoras, como a aroeira, estejam no plantio de recuperação, seja na forma de talhões, bosques ou plantas isoladas, pois também servem como poleiros.

Segundo Knapik *et al.* (2005), a aroeira respondeu a adubação durante a fase de produção de mudas. Diversos autores citam a espécie como uma boa escolha para a utilização em áreas de reflorestamento, seja pela sua resposta a adubação (NÓBREGA *et al.*, 2007; KNAPIK *et al.*, 2005; MENDONÇA *et al.*, 1999), ou pela sua sobrevivência satisfatória (CHIAMOLERA *et al.*, 2011; NUNES, 2010; RACHWAL *et al.*, 2000).

2.7 MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

2.7.1 Ilhas de Diversidade

As ilhas de diversidade são áreas pequenas, com diferentes densidades e diversidade de espécies arbóreas, que podem ser usadas no processo de restauração de florestas nativas. Essas áreas são úteis para atrair dispersores de sementes, assim como para trazer propágulos de outras espécies de áreas florestais remanescentes que estejam próximas à área que se quer restaurar, possibilitando a recolonização por diversas espécies e o restabelecimento do fluxo gênico entre as populações de espécies arbóreas, aumento da biodiversidade, e mesmo a restauração da conectividade, acarretando numa melhoria da qualidade da paisagem (KAGEYAMA *et al.*, 2008 a)

2.7.2 Plantio de Espécies Arbóreas

O plantio de espécies arbóreas é bastante utilizado no reflorestamento de áreas degradadas devido aos bons resultados em campo quando a escolha das espécies é feita de maneira correta.

Segundo Durigan e Silveira (1999), se o principal objetivo do reflorestamento refere-se à proteção do solo e os recursos hídricos, necessitando de rápida

cobertura do solo, o plantio de *Pinus elliottii* pode ser uma opção, apesar da espécie não contribuir para a restauração da biodiversidade na área.

O emprego de espécies pioneiras geralmente é uma alternativa, devido a capacidade de cobrir o solo rapidamente, permitindo a formação de uma camada de serapilheira, ambiente propício aos organismos decompositores (REIS; KAGEYAMA, 2008). Estas espécies são caracterizadas pela tolerância à pouca disponibilidade de água, adaptação a solos de baixa fertilidade, crescimento rápido (diminuindo erosões e competição com plantas invasoras) e sistema radicular vigoroso, capaz de explorar camadas profundas de solo em condições adversas, melhorando seus atributos físicos (GONÇALVES *et al.*, 2008).

2.7.3 Semeadura Direta

A semeadura direta é uma técnica muito utilizada devido à facilidade de plantio. Santos *et al.* (2012) obtiveram bons resultados utilizando esta técnica para as espécies nativas *Erythrina velutina*, *Bowdichia virgilioides*, *Guazuma ulmifolia*, *Lonchocarpus sericeus* e *Sapindus saponária*, os autores (ibidem) consideraram que as diferentes condições de sítios foram determinantes para a emergência de plântulas e a sobrevivência das mudas em campo.

A semeadura direta de espécies nativas também pode ser recomendada quando o banco de sementes não for capaz de fornecer um número adequado de espécies para iniciar a regeneração do local, podendo-se realizar o enriquecimento com introdução de diferentes espécies (BRAGA *et al.*, 2007).

Para Araki (2005) a semeadura direta em campo é eficiente para garantir o aparecimento de espécies arbóreas nativas, tanto para as espécies do grupo de preenchimento, quanto para as espécies do grupo de diversidade, obtendo a maior eficiência quando as sementes são incorporadas ao solo.

2.7.4 Plantio de Espécies de Cobertura e Adubação Verde

O plantio de espécies de cobertura de solo ou adubação verde em áreas que se pretende recuperar é bastante comum devido ao potencial destas espécies de

melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo (PENTEADO, 2010; PORTAS; VECHI, 2009; ALVES *et al.*, 2007; BECHARA *et al.*, 2005; MILANEZ JÚNIOR *et al.*, 2005; CASTRO *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2001), além de protegê-lo fisicamente, permitindo assim o estabelecimento das espécies arbóreas com maiores exigências em relação as condições edáficas.

2.7.5 Transposição de Serapilheira

A técnica é capaz de introduzir espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas na área, favorecendo as interações entre plantas e animais, restabelecendo uma nova dinâmica sucessional, contribuindo para o fluxo gênico entre os fragmentos, aumentando a capacidade de resiliência da área degradada. O uso desta técnica possibilita inserção de diversas espécies de micro, meso e macro fauna e flora de fragmentos adjacentes, formando núcleos distribuídos na área em restauração (TRES *et al.*, 2005).

2.7.6 Instalação de Poleiros Artificiais

Podem ser instalados poleiros artificiais com o objetivo de atrair aves com diferentes hábitos alimentares, entre elas insetívoros (corruíra), nectarívoros e polinizadores (beja-flores), carnívoros (gavião-carijó), granívoros (tico-tico), frugívoros (saí-andorinha), onívoros (bem-te-vis) e necrófagos (urubús). O efeito dos poleiros pode ser observado no local e áreas adjacentes, considerando que as aves voam de poleiro em poleiro até o fragmento mais próximo, deixando no caminho uma série de propágulos (BECHARA *et al.*, 2005).

2.7.7 Nucleação

O objetivo da nucleação é iniciar os processos de sucessão natural, promovendo maior conectividade da paisagem. As técnicas empregadas podem ser instalação de abrigos artificiais para animais, instalação de poleiros artificiais, plantio de espécies, transposição de solo e banco de sementes, transposição de chuva de

sementes, plantio de mudas procedentes de transposição de solo e chuva de sementes, plantio de árvores nativas em grupos de Anderson, entre outros (REIS *et al.*, 2010).

2.8 SUCESSÃO VEGETACIONAL

Segundo o IBGE (2012), a sucessão natural ocorre em diferentes etapas, determinadas pelas condições do solo. As fases iniciais são caracterizadas pelo predomínio de espécies de porte baixo, composta por espécies pioneiras. Na fase intermediária há ocorrência de espécies lenhosas especialmente Asteraceae do gênero *Baccharis* e *Melastomataceae*. As fases seguintes são caracterizadas pela substituição destas espécies pioneiras pelas espécies mais complexas, como as clímax.

O processo sucessional não inicia somente com espécies arbóreas, mesmo que o clima local seja propício a uma comunidade florestal. O processo pode ser iniciado com ervas e arbustos, que exercem o papel de facilitadoras. Estas espécies melhoram gradativamente as condições ambientais (ROGALSKI *et al.*, 2005). Segundo Kageyma e Gandara (2008 b), o banco de sementes existentes no solo geralmente é suficiente para dar origem a regeneração natural e dar sequencia a sucessão vegetal.

De acordo com Angelo (2007), as espécies pioneiras têm como características: ciclo de vida curto, crescimento rápido, sementes pequenas e em grande quantidade, com viabilidade longa, dispersão por pássaros, morcegos, vento, necessitam de muita luz, colonizam áreas abertas.

As espécies secundárias são divididas em iniciais e tardias. As secundárias iniciais são exigentes em luz, porém podem tolerar sombra no início da vida, possuem crescimento inicial moderado ou rápido, a duração de vida é entre 25 e 100 anos. Exemplos típicos são o vassourão-branco, caporooca, timbó. As espécies secundárias tardias são tolerantes à sombra, possuem crescimento lento a moderado e a duração de vida é longa. Exemplos típicos são a canjarana e o pinheiro-bravo (CARPANEZZI; CARPANEZZI, 2006).

O grupo das espécies clímax é caracterizado pelo crescimento lento a muito lento, madeira dura e pesada, tolerante à sombra, altamente dependente de polinizadores específicos, e o tempo de vida é muito longo, geralmente acima de 100 anos (KAGEYAMA; GANDARA, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Gralha Azul, pertencente à Pontifícia Universidade Católica do Paraná, localizada no Município de Fazenda Rio Grande – PR (FIGURA 1). O local possui coordenadas 25° 39' 28" latitude sul e 49° 18' 28" de longitude oeste, altitude de 910 m. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Cfb, apresentando característica subtropical mesotérmico, super úmido, com verões frescos e geadas severas, sem estação seca e com precipitação média anual de 1400 mm. A temperatura média anual é de 16,5 °C (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). Na figura 2 e 3 são apresentados as médias mensais de precipitação (mm) e temperatura (°C), respectivamente, durante o período de condução do experimento, para a Cidade de Curitiba, pois a Estação Meteorológica de Fazenda Rio Grande atualmente está desativada.

Segundo o mapa fitogeográfico do Estado do Paraná, a vegetação no local do experimento é classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Ombrófila Mista Aluvial (nas margens dos rios) (IBGE, 2012).



FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE FAZENDA RIO GRANDE, PR
 FONTE: (COMEC, 2012)

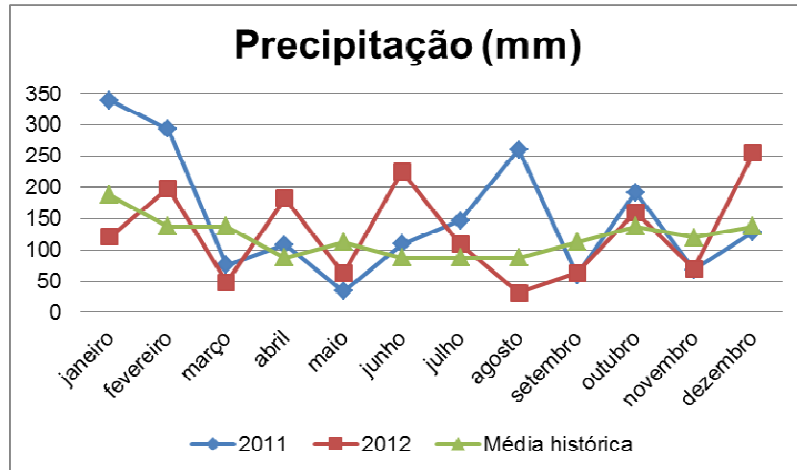


FIGURA 2 - MÉDIAS MENSAS DE PRECIPITAÇÃO (mm) NOS ANOS DE 2011, 2012 E MÉDIA HISTÓRICA

FONTE: Adaptado de INMET (2014) e Caviglione *et al.* (2000)

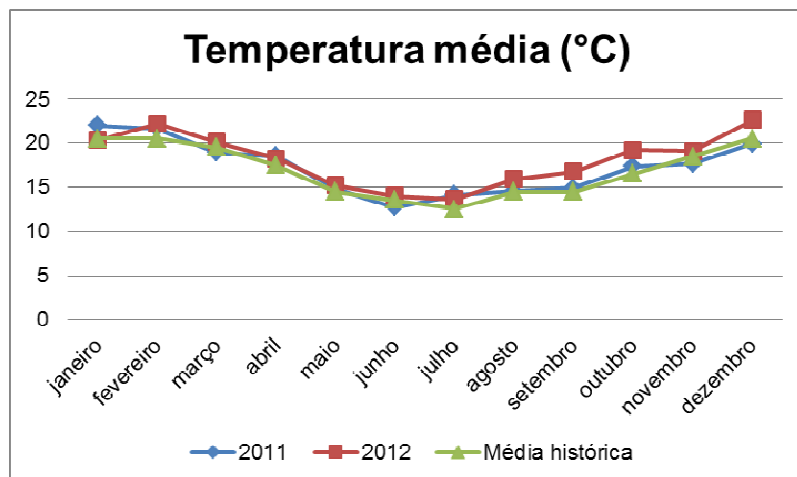


FIGURA 3 - MÉDIAS MENSAS DE TEMPERATURA (°C) NOS ANOS DE 2011, 2012 E MÉDIA HISTÓRICA

FONTE: Adaptado de INMET (2014) e Caviglione *et al.* (2000)

O local escolhido para o estudo originalmente era recoberto por vegetação ripária. Porém a área foi utilizada aproximadamente 20 anos com agricultura convencional, com preparo frequente do solo, sucessão soja/ milho no verão e pousio no inverno. O solo apresentava compactação devido à influência do manejo praticado.

Adjacente ao experimento há um fragmento preservado de vegetação ripária, que dá origem a um pequeno curso d'água com solos hidromórficos ocupado predominantemente com a taboa (*Typha domingensis*).

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta e análises químicas (TABELA 1) e físicas (TABELA 2) do solo no Laboratório de Análises de Solo da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

TABELA 1 - ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO, NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)

Amostra	pH	C	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³							%	
0-10 cm	4,1	25,63	28,90	0,27	2,71	0,89	1,63	10,05	3,40	13,47	32,73	28,37

FONTE: a autora (2013)

TABELA 2 - ANÁLISE FÍSICA DO SOLO, NA PROFUNDIDADE DE 0-5 cm (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)

Amostra	Argila	Silte	Areia	Densidade do solo	Densidade de partículas	Porosidade total
	%			g cm ⁻³		%
0-10 cm	50	15	35	1,44	2,52	42

FONTE: a autora (2013)

O solo no local do experimento foi classificado como Cambissolo húmico distrófico típico (EMBRAPA, 2013), textura argilosa, relevo suave ondulado (4% de declividade), bem drenado.

3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

A instalação do experimento iniciou-se no mês de abril de 2011. O solo da área experimental foi escarificado à 10 cm de profundidade para redução da compactação superficial (FIGURA 4). Em seguida as parcelas foram demarcadas (FIGURA 5) sob os resíduos da cultura do milho, totalizando 50 parcelas de 25 m² (5m x 5m), divididas em 10 tratamentos e 5 repetições, com espaçamento de 1m entre elas. Os tratamentos são apresentados no Quadro 1.



FIGURA 4 - A) USO DO ESCARIFICADOR NA ÁREA EXPERIMENTAL B) SOLO APÓS A ESCARIFICAÇÃO
FONTE: a autora (2011)



FIGURA 5 - INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E VEGETAÇÃO REMANESCENTE NATIVA
FONTE: a autora (2011)

A área experimental pode ser observada na Figura 6, e o croqui da parcela experimental na Figura 8.

A escolha das espécies de cobertura de solo ocorreu com o objetivo de testar a eficiência do nabo forrageiro em melhorar os atributos físicos do solo, especialmente a compactação. Enquanto que a ervilhaca, feijão guandu, mucuna preta e crotalária por serem leguminosas, fixam nitrogênio, assim poderiam auxiliar o desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas e principalmente, a reestabelecer a atividade biológica do solo. Enquanto a escolha da aveia preta ocorreu devido à

alta relação carbono/nitrogênio da sua biomassa, o que aumenta o tempo do material vegetal, auxiliando na proteção do solo, diminuindo a degradação da matéria orgânica e auxiliando também no reestabelecimento da atividade biológica e melhorando os atributos físicos do solo.

O uso de adubação mineral e corretivos agrícolas neste trabalho ocorreu devido ao fato de muitas espécies nativas apresentarem resposta positiva em função da aplicação destes insumos e faltarem estudos em campo que demonstrem este comportamento.

N.º dos Tratamentos	Sigla	Tratamentos
1	Veget. Nativa	Floresta ripária remanescente nativa (referência)
2	Testemunha	Testemunha
3	Nabo/Crot	Sucessão nabo forrageiro/crotalária
4	Ervi/Guandu	Sucessão ervilhaca comum/feijão guandu
5	Aveia/Mucuna	Sucessão aveia preta/mucuna preta
6	Orgânica	Adubação orgânica
7	Calcário	Calagem
8	NPK	Adubação mineral NPK
9	NPK+cal	Adubação mineral e calagem
10	NPK+cal+org	Adubação mineral, calagem e orgânica

QUADRO 1 - TRATAMENTOS EMPREGADOS NO EXPERIMENTO E SIGLAS UTILIZADAS
 FONTE: a autora (2014)

Os tratamentos com espécies de cobertura de solo de inverno foram semeadas em maio/11 e maio/12 (nabo forrageiro, ervilhaca comum e aveia preta) e em nov/11 e nov/12 foram semeadas as espécies de verão (crotalária, feijão guandu e mucuna preta). A semeadura foi realizada a lanço, sem revolvimento do solo e sem incorporação das sementes, com o objetivo de facilitar o plantio em áreas de recomposição florestal.



FIGURA 6 - ÁREA EXPERIMENTAL

T1 - Floresta ripária remanescente nativa; T2 - Testemunha; T3 - Sucessão nabo forrageiro/crotalária; T4 - Sucessão ervilhaca comum/feijão guandu ; T5 - Sucessão aveia preta/mucuna preta; T6 - Adubação orgânica; T7 - Calagem; T8 - NPK; T9 – NPK+ calagem; T10 – NPK+calagem + adubação orgânica.

FONTE: Adaptado de Google Earth (2011)

Para compor o tratamento sucessão nabo/crotalária foram adicionados 45 kg/ha de sementes de nabo forrageiro e 90 kg/ha de sementes de crotalária. A sucessão ervilhaca comum/feijão guandu, recebeu 240 kg/ha de ervilhaca comum e 180 kg/ha de feijão guandu. Enquanto a sucessão aveia preta/mucuna preta, recebeu 195 kg/ha de aveia preta e 225 kg/ha de sementes de mucuna preta.

As quantidades de sementes foram determinadas a partir da recomendação de Penteadó (2010) para solos agrícolas, porém neste trabalho as doses usadas

foram três vezes maiores por se tratar de área degradada, sem preparo do solo, sem adubação e incorporação das sementes.

Após a semeadura não foi realizado incorporação ou corte do material vegetal, pois o objetivo deste plantio foi recobrir o solo, protegendo-o da erosão, do impacto da água da chuva e da dessecação ocorrida pela exposição ao sol.

Em novembro/2011 foi realizado o plantio de bracatinga e aroeira nas parcelas experimentais. As mudas foram doadas pelo IAP, Viveiro de Ponta Grossa. Antes do plantio foi realizada a homogeneização de diâmetros e alturas das mudas. As plantas de bracatinga apresentavam 19,95 cm de altura em média e estavam com três meses. Enquanto as mudas de aroeira apresentavam 38,1 cm e estavam com 8 meses.



FIGURA 7 – MUDAS DE AROEIRA (ESQUERDA) E BRACATINGA (DIREITA) DOADAS PELO IAP
FONTE: a autora (2011)

As duas espécies foram escolhidas por se tratarem de plantas com características de rusticidade, capazes de se desenvolver bem em condições adversas do solo. Como o objetivo do estudo foi iniciar o processo de recomposição florestal, optou-se por não iniciar o experimento com uma alta diversidade de espécies, a fim de testar posteriormente a influência destas na sucessão vegetacional.

Foi considerado espaçamento entre plantas e entre linhas de 1m. Em cada parcela foram plantados 18 indivíduos de cada espécie, em linhas alternadas. Em cada parcela foram plantadas 36 mudas (FIGURA 8).

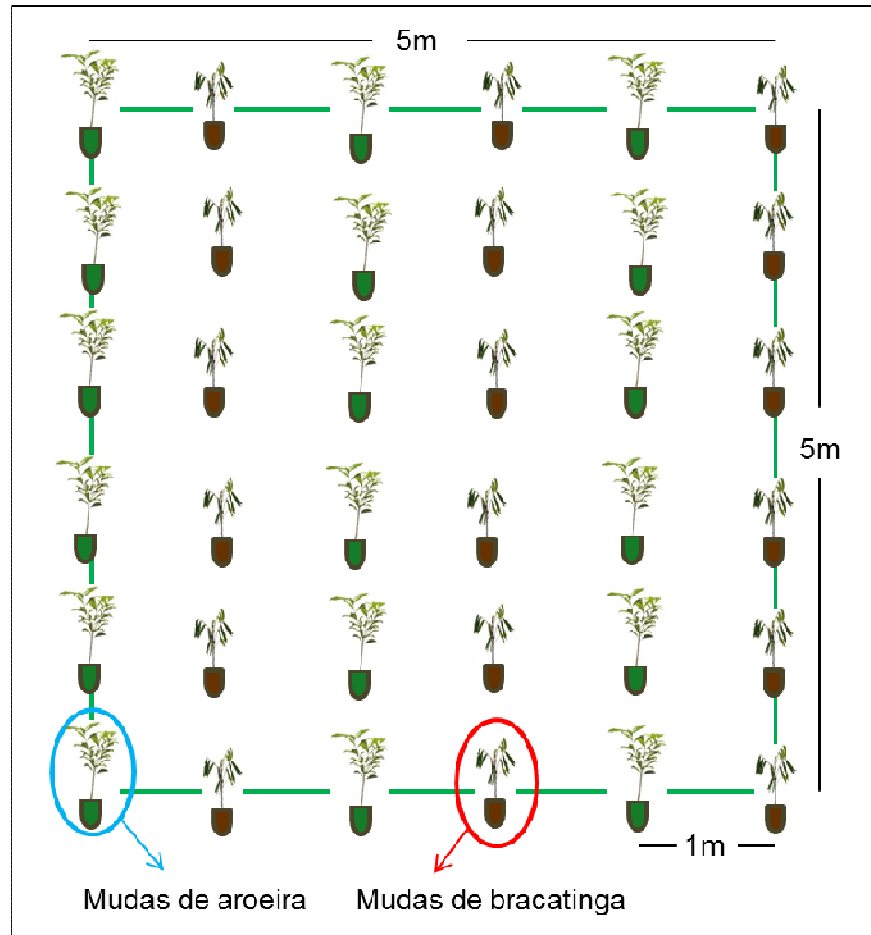


FIGURA 8 - CROQUI DA PARCELA EXPERIMENTAL
 FONTE: a autora (2012)

3.2.1 Adubação Mineral

A adubação de plantio e reposição baseou-se na análise de solo, de acordo com a metodologia sugerida pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004). No momento do plantio, o adubo mineral foi colocado no fundo da cova e homogeneizado com o solo. As covas apresentavam 0,15 m de diâmetro e 0,20 m de profundidade. Foram utilizados 60 kg de uréia/ ha (45% N), ou seja, 6g de uréia/planta; 100 kg/ha de superfosfato simples (18% de P_2O_5), isto é, 10g/planta e

50 kg/ha de cloreto de potássio (60% K_2O), 5 g/planta. Essas doses de adubos forneceram para cada árvore 2,7 g de nitrogênio, 1,8g de fósforo e 3g de potássio.

No mês de maio de 2012 ocorreu a adubação de reposição, na linha de plantio, com a aplicação de 40 kg/ha de uréia (45% de N), ou seja, 4g de uréia/planta; 50 kg/ha de superfosfato simples (18% de P_2O_5), ou seja, 5g/planta; e 50 kg/ha de cloreto de potássio (60% de K_2O), ou seja, 5g/planta. Os adubos foram aplicados nas linhas de plantio, visando estimular o desenvolvimento das raízes e melhoria das características químicas do solo. Essas doses de adubos forneceram para cada árvore 1,8 g de nitrogênio, 0,9 g de fósforo e 3 g de potássio.

3.2.2 Adubação Orgânica

Para adubação orgânica foi utilizado esterco de gado leiteiro, sob sistema intensivo de manejo, em confinamento. O material era composto pelas fezes, urina e restos de alimentos dos animais. O esterco foi coletado na leiteria da fazenda e alocado em pilha próximo ao local do experimento, sendo homogeneizado em dias alternados. Foi decomposto durante 45 dias antes do plantio.

Em nov/11, no plantio das espécies arbóreas, foram aplicados 3000 kg/ha de esterco fresco de bovino, o que correspondente a 300 g/cova, incorporados à terra da cova. Considerando que o material continha 77% de matéria seca, foram aplicados 2310 kg/ha de esterco seco, 231 g/planta de esterco. Esta quantidade forneceu aproximadamente 4,3 g/planta de nitrogênio, 3 g/planta de fósforo e 9,7g/planta de potássio, conforme análise química obtida por Silva J. C. P. M. *et al.* (2010). Segundo a recomendação da SBCS (2004), o uso de esterco animais deve considerar a eficiência de liberação de cada nutriente, 50% para o nitrogênio, 60% para o fósforo e 100% para o potássio. Sendo assim, foram fornecidos efetivamente 2,15g/planta de nitrogênio, 1,8g/planta de fósforo e 9,7g/planta de potássio.

Em maio/2012 foi realizada a adubação orgânica de reposição, aplicada em torno do caule das plantas, na mesma quantidade usada no plantio.

3.2.3 Calagem

No momento do plantio foi aplicado a lanço calcário dolomítico, com PRNT (poder relativo de neutralização total) de 80%, na quantidade equivalente a 2000 kg/ha (5 kg por parcela), sem incorporação, na área total das parcelas.

3.2.4 Manejo da Vegetação Espontânea

O manejo da vegetação espontânea até maio/2012 consistiu em roçada da área total. A partir desta data foi realizado o coroamento das plantas, pois a roçada eliminava indivíduos de regeneração natural.

3.3 AVALIAÇÃO DA BIOMASSA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO

A biomassa das plantas de cobertura foi obtida com o auxílio de um gabarito de 1m² (FIGURA 9), lançado aleatoriamente por duas vezes em cada parcela. Todo o material vegetal dentro do gabarito foi cortado próximo ao solo. As amostras foram colocadas em sacos de papel e identificadas. No laboratório, o material foi pesado, com o auxílio de uma balança analítica, para determinação da biomassa fresca. Após este procedimento, as amostras foram colocadas em estufa até atingirem peso constante, para determinação da biomassa seca.



FIGURA 9 - GABARITO PARA AMOSTRAGEM DA BIOMASSA DAS ESPÉCIES DE COBERTURA
FONTE: a autora (2011)

A biomassa foi determinada apenas para as culturas de inverno (2011 e 2012), pois as plantas semeadas no verão apresentaram infestação muito grande de

plantas infestantes, o que dificultou a amostragem e a avaliação da produtividade real de biomassa das espécies de cobertura plantadas.

3.4 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

Em dezembro de 2012, um ano após o plantio das árvores, foram coletadas amostras de solo, nas linhas e entrelinhas de plantio, com o auxílio do trado holandês, na profundidade de 0-10 cm, para realização das análises químicas e biológicas do solo. Em cada parcela foram coletadas 5 amostras simples para formar uma amostra composta, e esta foi subdividida em duas sub-amostras para realização das análises químicas e biológicas. As amostras destinadas à análises química foram secas em estufa até atingirem peso constante, em seguida foram trituradas e peneiradas (peneira com malha de 2mm).

Os parâmetros químicos foram obtidos seguindo a metodologia da Embrapa (1997). O pH foi determinado em solução de CaCl_2 e em seguida, em solução SMP para determinação da acidez potencial (H+Al); Ca e Mg foram extraídos com solução de KCl e titulados com EDTA; enquanto o K e P foram extraídos com solução de Mehlich-1, o K determinado com o uso do fotômetro de chama, enquanto o P foi determinado com o uso de espectrofotômetro. O Al foi extraído com solução de KCl e titulado com solução de hidróxido de sódio. O carbono foi determinado com a utilização de dicromato de potássio em meio ácido, seguido da titulação com sulfato ferroso amoniacal.

3.5 ANÁLISES BIOLÓGICAS DO SOLO

As amostras destinadas para a análise biológica, foram coletadas em dezembro/12 e mantidas sob refrigeração a $\pm 4^\circ\text{C}$, desde a coleta até a realização das análises. Para este procedimento foram peneiradas (em peneira de malha 2 mm) e determinada a umidade em estufa a 65°C até peso constante.

As análises biológicas do solo consistiram em quantificação da densidade populacional de bactérias totais, bactérias esporuláveis, fungos e actinomicetos, utilizado o método de diluições 10^3 a 10^5 , em placas de petri, com meios de culturas

específicos para cada grupo de microorganismos, seguindo a metodologia de Pramer (1964), citado por Nuernberg et al. (1984)¹.

A respiração basal microbiana foi determinada seguindo a metodologia descrita por Jenkinson e Powlson (1976) citados por Silva E. E. *et al.* (2007)², com incubação do solo por 7 dias (FIGURA 10) e posterior quantificação do CO₂ respirado, por meio de titulação.



FIGURA 10 - INCUBAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLO, EM ESTUFA, PARA AVALIAÇÃO DA RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO
FONTE: a autora (2012)

A biomassa microbiana foi determinada pelo método de irradiação-extração em microondas, seguido pela extração do carbono com solução de sulfato de potássio, e posterior titulação do carbono da biomassa microbiana, conforme proposto por Ferreira *et al.* (1999).

¹ PRAMER, D. Experimental soil microbiology. Mineapolis, Burgess Publishing, 1964. 107p.

² JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. Tre effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. Soil Biology e Biochemistry, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

O quociente metabólico foi obtido pela equação 1, proposto por Jenkinson e Powlson (1976) citados por Silva E. E. *et al.* (2007)³.

$$\text{Equação 1: } q\text{CO}_2 = \frac{\text{RBS (mgC-CO}_2\text{)}}{\text{BMS (mgC.dm}^{-3}\text{solo).10}^{-3}}$$

3.6 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

Foram realizadas amostragens indeformadas do solo, com o auxílio do anel volumétrico, para caracterização das suas propriedades físicas antes da instalação da adubação verde em abril/2011, após o procedimento de escarificação em maio/2011, em nov/2011, em maio/2012 e nov/2012.

As análises consistiram na determinação da densidade do solo e de partículas. A partir destes dois parâmetros, foi calculada a porosidade total do solo, conforme descrito por Camargo *et al.* (2009). Foram retirados três anéis para compor a média de cada parcela em cada período avaliado.

3.7 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL DE BRACATINGA E AROEIRA

Foram realizadas quatro medições em um intervalo de tempo de 12 meses: 8 e 9 de dezembro de 2011 (1.º mês após o plantio), 8 e 9 de março de 2012 (4.º mês após o plantio); 6 e 7 de agosto de 2012 (8.º mês após o plantio) e 9 e 10 de novembro (12.º mês após o plantio). Os parâmetros avaliados foram altura, utilizando uma régua de 100 cm e posteriormente trena; diâmetro de colo a 10 cm do solo, utilizando paquímetro digital e sobrevivência das mudas (FIGURA 11).

³ JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. Tre effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology e Biochemistry*, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

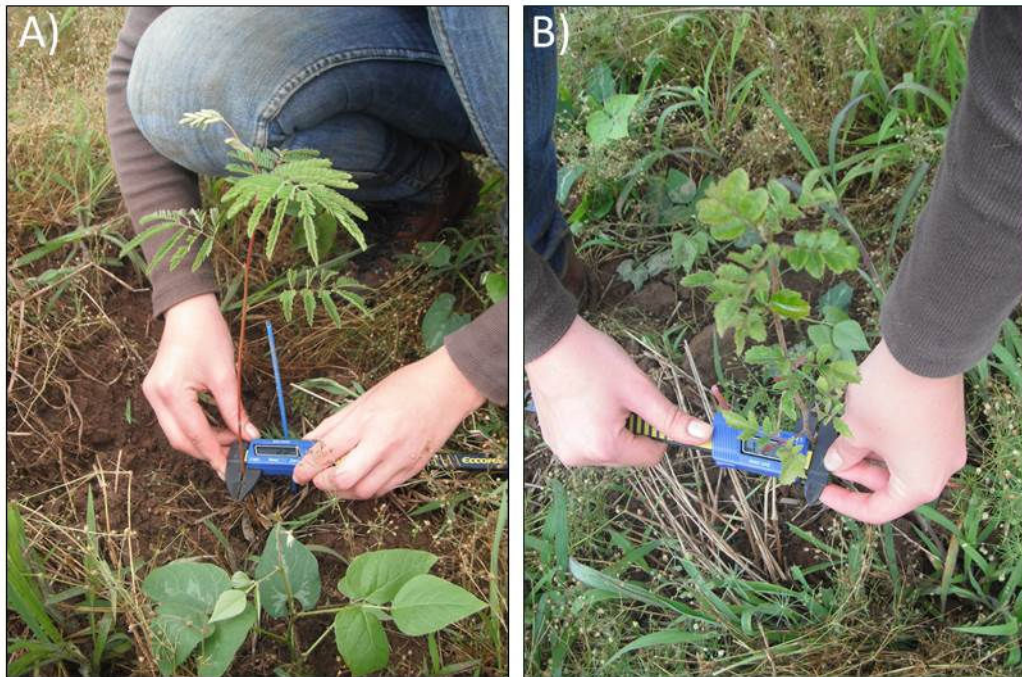


FIGURA 11 - A) AVALIAÇÃO DO DIÂMETRO DE COLO DAS MUDAS DE BRACATINGA B) AROEIRA
 FONTE: a autora (2011)

3.8 PARÂMETROS QUALITATIVOS

Foram realizadas duas análises qualitativas no experimento, cobertura de solo e intensidade da vegetação espontânea, ambos com o uso de notas, conforme o Quadro 2, em sistema *double blind*.

Intensidade da vegetação espontânea (IVE)/ Cobertura de solo (CB)	
Classe	Nota
Muito baixa (0-20%)	1
Baixa (20-40)	2
Média (40-60%)	3
Alta (60-80%)	4
Muito Alta (80-100%)	5

QUADRO 2 - SISTEMA DE NOTAS, PARA AVALIAÇÃO DA COBERTURA DE SOLO E INTENSIDADE DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA
 FONTE: a autora (2013)

3.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). As médias de cada tratamento foram submetidas ao teste de homogeneidade de Levene's e análise de variância (ANOVA). As médias com diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 95%, utilizando-se o Software STATISTICA FOR WINDOWS versão 8.0.

3.9.1 Análise dos Dados de Fertilidade e Biologia do Solo

Os dados da fertilidade e de biologia do solo foram correlacionados usando-se os índices de correlação de Pearson.

3.9.2 Análise da Física do Solo

As médias dos parâmetros de física do solo foram comparações por contrastes ortogonais.

3.9.3 Análise do Crescimento Inicial de Aroeira e Bracatinga

Para as análises estatísticas do crescimento da bracatinga e da aroeira foram considerados dois fatores: tratamentos e épocas das avaliações.

3.9.4 Análises Qualitativas

As medianas dos tratamentos foram comparadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e gerado um gráfico de Box-Whisker para interpretação dos grupamentos formados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRODUÇÃO DE BIOMASSA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

Em campo, a ervilhaca apresentou desenvolvimento superior às demais espécies recobrando o solo e diminuindo a entrada de plantas invasoras. A espécie demonstrou rusticidade e bom potencial de crescimento nas condições adversas do solo, enquanto a aveia preta e o nabo forrageiro apresentaram dificuldades de estabelecimento.

A produção de biomassa seca das três espécies de cobertura utilizadas no estudo pode ser observada na tabela 3. Nota-se que houve um incremento significativo de produção comparando as médias obtidas nos anos de 2011 e 2012, devido às melhorias nos atributos do solo, ocorridos no período de um ano e promovidos principalmente pelo cultivo sucessivo de espécies de cobertura de solo de inverno e verão. O efeito do plantio das plantas de cobertura sobre atributos do solo foram mencionados por Buzinaro *et al.* (2009), Carneiro *et al.* (2008) e Aita e Giacomini (2003).

TABELA 3 - PRODUÇÃO DA BIOMASSA SECA DAS PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO DE INVERNO

Época avaliada	Matéria seca das plantas de cobertura (kg/ha)		
	Aveia	Ervilhaca	Nabo
out/11	512 a	401 a	133 a
out/12	1290 b	1050 b	769 b

Médias seguidas por letras diferentes na vertical representam diferenças estatisticamente significativas entre as épocas (Tukey, $p < 0,05$)

FONTE: a autora (2013)

A produtividade média da aveia preta aumentou significativamente no ano de 2012, chegando a 1290 kg/ha. Apesar do incremento, o resultado é inferior ao obtido por Gabriel Filho *et al.* (2000), que obtiveram produção média de matéria seca de 2635 kg/ha, com adubação e preparo de solo, enquanto Carvalho *et al.* (2007) obtiveram produtividade de 4632 kg/ha, sem adubação e com incorporação das sementes. Segundo Valicheski *et al.* (2012), a aveia preta cultivada em solo compactado com incorporação das sementes, produziu 3997kg/ha de matéria seca.

A diferença entre os resultados encontrados neste trabalho e aos encontrados na literatura pode ser atribuída às diferenças no manejo das espécies, dentre eles o procedimento de incorporação das sementes.

Apesar da produtividade obtida para a aveia preta ser inferior ao encontrado por outros autores, o benefício do uso da espécie no estudo foi a proteção do solo. Segundo Aita e Giacomini (2003), devido à alta relação C/N da biomassa, a sua degradação é mais lenta, o que propicia cobertura do solo, protegendo-o contra a erosão e conservando a umidade. Outro benefício potencialmente obtido refere-se à biologia do solo, segundo Carneiro *et al.* (2008), a palhada da aveia preta propiciou incremento do carbono da biomassa microbiana no solo, interferindo positivamente na atividade biológica e na ciclagem de nutrientes.

A ervilhaca, embora tenha apresentado bom desenvolvimento em campo, quando avaliada a produção média de biomassa seca, 401 kg/ha em 2011 e 1050 kg/ha em 2012, apresentou resultados inferiores aos encontrados por outros autores. Segundo os resultados obtidos por Gabriel Filho *et al.* (2000), a produção de matéria seca da ervilhaca foi de 2727 kg/ha, em plantio convencional e Carvalho *et al.* (2007) obtiveram média de produtividade de 2839 kg/ha.

O cultivo da ervilhaca propicia inúmeros benefícios para o solo. A baixa relação C/N da biomassa da ervilhaca resulta em rápida decomposição, contribuindo para liberação do nitrogênio ao solo, influenciando positivamente a sua fertilidade. Essa característica faz com que normalmente as plantas leguminosas sejam valorizadas para o procedimento de recuperação de solos (CARNEIRO *et al.*, 2008; AITA; GIACOMINI, 2003). Segundo Buzinaro *et al.* (2009), o uso de leguminosas como cobertura favorece a atividade microbiana do solo.

O nabo forrageiro apresentou o menor desenvolvimento entre as espécies testadas nas condições do estudo. Segundo dados obtidos por Valicheski *et al.* (2012), em solo compactado, o nabo forrageiro não conseguiu romper as camadas compactadas de solo.

A produtividade de matéria seca do nabo forrageiro foi de 133 kg/ha em 2011, e aumentou significativamente para 769 kg/ha, em 2012. Apesar do incremento significativo obtido, esta produtividade é considerada insatisfatória se comparada aos dados obtidos por Carvalho *et al.* (2007), que obtiveram produtividade de 2468

kg/ha e Silva A. A. *et al.* (2007), que obtiveram produção de matéria seca de 5900 kg/ha.

Silva A. A. *et al.* (2007) consideram que plantio do nabo forrageiro pode beneficiar o solo propiciando boa cobertura e contribuindo para a ciclagem do nitrogênio, especialmente quando houver boa produtividade de biomassa seca.

Em campo observou-se baixa germinação e crescimento lento das três espécies, especialmente do nabo forrageiro, provavelmente devido ao baixo vigor das sementes, pelas condições de compactação e fertilidade do solo, aliados a forma de plantio, sem incorporação da semente e sem adubação.

4.2 ÍNDICE DE COBERTURA DO SOLO

O valor de P obtido no teste de Kruskal-Wallis foi menor que 0,05 ($P = 0,0001$), assim pode-se afirmar que pelo menos uma das medianas do parâmetro cobertura de solo, entre os tratamentos, é diferente.

Analisando o gráfico de cobertura de solo (FIGURA 12), é possível verificar que os tratamentos calcário, sucessão nabo/crotalária, sucessão ervilhaca/feijão guandu, sucessão aveia preta/ mucuna preta, adubação orgânica e testemunha apresentaram medianas iguais e inferiores às observadas nos tratamentos NPK, NPK+calcário e NPK+calcário+orgânica. Com o uso das espécies de cobertura, esperava-se que as três sucessões fossem as responsáveis pelas melhores coberturas de solo, porém a presente análise evidencia que os tratamentos responsáveis pela melhor cobertura de solo foram os que receberam adubação mineral. Apesar da baixa produtividade de fitomassa obtida neste estudo para as espécies de cobertura, os resultados obtidos por Longo *et al.* (2011) sugerem que estas espécies proporcionaram boa cobertura de solo, principalmente utilizando mucuna preta e feijão guandu em consórcio com braquiária, juntamente com a adubação orgânica. Para Pacheco *et al.* (2011), as melhores espécies para cobertura de solo foram *Brachiaria ruziziensis* e consórcio *Brachiaria ruziziensis* e *Cajanus cajan*, se destacando também na produção de matéria seca.

As plantas de cobertura possuem diferentes potenciais de recobrimento do solo, mas neste estudo as espécies testadas não apresentaram diferenças

significativas. Diversos autores encontraram resultados distintos. Cazetta *et al.* (2005) constataram que a crotalária apresentou 86,8% de cobertura de solo aos 30 dias após o plantio. Moraes *et al.* (2009), obteve aos 90 dias após o plantio, porcentagem de cobertura de solo de 97% para o nabo forrageiro e 74,4% para pousio. Os estudos de Finholdt *et al.* (2009) obtiveram índice de 79,3% de cobertura para aveia preta e 80,7% de cobertura para o feijão guandu, 45 dias após a semeadura. Já Martins e Rosa Júnior (2005) obtiveram recobrimento de 97,7 % do solo para a ervilhaca, aos 90 dias após o plantio.

A boa cobertura de solo nos tratamentos adubados pode ser explicada pelo melhor desenvolvimento da vegetação espontânea, mas também pela resposta positiva da aroeira e da bracatinga em produção de biomassa e consequentemente serrapilheira, além da regeneração natural.

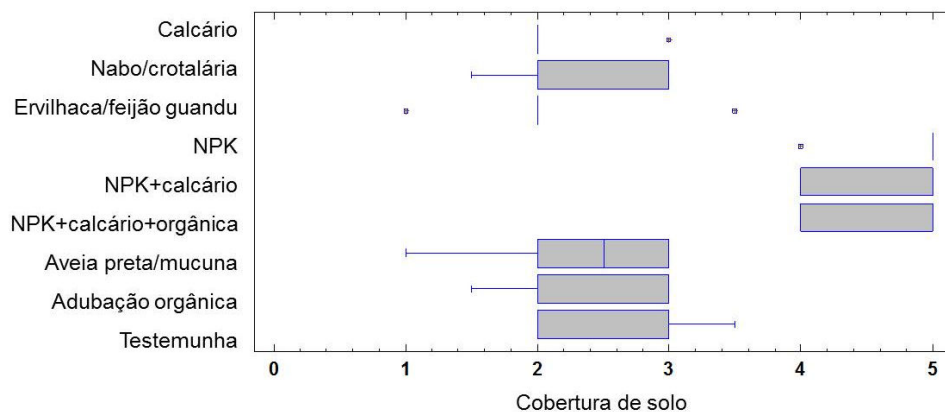


FIGURA 12 – ÍNDICE DE COBERTURA DO SOLO, SOB DIFERENTES ADUBOS E ESPÉCIES DE COBERTURA
 FONTE: a autora (2013)

Decorridos 12 meses do plantio das espécies arbóreas, é possível observar que as parcelas que receberam adubação mineral apresentaram o maior crescimento da vegetação presente no local, seja ela arbórea, arbustiva ou herbácea, resultando em maior recobrimento do solo.

4.3 INTENSIDADE DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA

O teste de Kruskal-Wallis demonstrou variação significativa entre as medianas dos tratamentos.

O gráfico da intensidade da vegetação espontânea (FIGURA 13) demonstra a formação de dois grupos, o primeiro, com resultados superiores, é formado pelos tratamentos NPK, NPK+calcário e NPK+calcário+orgânica. O segundo grupo, com resultados inferiores, é composto pelos tratamentos com calcário, sucessão nabo/crotalária, sucessão ervilhaca/feijão guandu, sucessão aveia preta/ mucuna preta, adubação orgânica e testemunha, estes tratamentos apresentaram medianas estatisticamente iguais entre si.

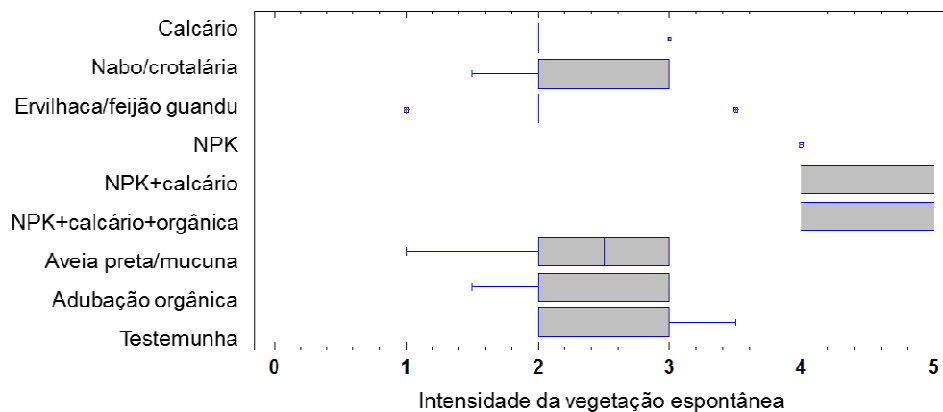


FIGURA 13 – INTENSIDADE DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA, SOB DIFERENTES ADUBOS E ESPÉCIES DE COBERTURA
 FONTE: a autora (2013)

A maior intensidade de plantas infestantes nos tratamentos com adubação e calagem foi nítida em campo e comprovada pela análise estatística. Os dados estão de acordo com Pereira G. A. M. *et al.* (2012), que evidenciaram que as espécies invasoras respondem bem a adubação de fósforo, mesmo nas doses mais baixas, apresentando aumento em altura, produção de folhas, massa fresca de folhas e matéria fresca de raiz. Braga *et al.* (2010 a) observaram que o número total de indivíduos de vegetação espontânea foi crescente conforme o aumento das doses de calcário nos sistemas avaliados. Segundo Braga *et al.* (2010 b), a quantidade de calcário aplicado altera a dinâmica de emergência da comunidade de espécies infestantes presentes no banco de sementes do solo.

O bom desenvolvimento da vegetação espontânea pode trazer benefícios ao solo, especialmente quando se trata de áreas degradadas. De acordo com Melo (2012), as espécies *Bidens pilosa* e *Brachiaria brizantha* apresentaram grandes teores de todos os macronutrientes na parte aérea, especialmente nitrogênio, no solo sem correção de acidez e com correção, o que evidencia que mesmo em condições de baixa fertilidade e elevada saturação por alumínio, essas plantas apresentam elevada habilidade em extrair nutrientes. O autor (ibidem) ressalta o grande potencial das plantas espontâneas em ciclar nutrientes, apresentando também incrementos consideráveis do carbono da biomassa microbiana e menor taxa de respiração, favorecendo a atividade microbiana do solo.

O efeito da mato-competição é bastante conhecido, especialmente quando são cultivadas espécies menos competitivas, neste caso a competição por luz, água e nutrientes pode inibir e até mesmo matar a espécie de interesse. Segundo Pereira F. M. C. *et al.* (2012), as plantas invasoras interferem negativamente no crescimento do eucalipto, ocasionando a redução de massa seca de folhas e a massa seca do caule. Enquanto Ignácio *et al.* (2007) concluiu que a mato-competição e ataque de formigas cortadeiras foram os responsáveis pela menor porcentagem sobrevivência e menor cobertura de copas. Porém, na recuperação de um solo degradado, o desenvolvimento inicial das plantas é muito importante, incluindo o da vegetação espontânea, pois além da cobertura e proteção do solo, estas são responsáveis pelo acúmulo de matéria orgânica, retenção de água e pela criação de um microclima ameno, possibilitando a chegada de insetos polinizadores, aves e pequenos mamíferos dispersores.

4.4 FERTILIDADE DO SOLO

Os principais dados da análise química do solo, considerando a profundidade de 0-10 cm, podem ser observados nas tabelas 4 e 5. Foram observadas diferenças estatísticas para todos os parâmetros avaliados.

TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DE pH, SATURAÇÃO POR BASES (V%) E SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO (M%), NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm

Tratamentos	Ph	V	m
	CaCl ₂	%	
Veget. Nativa	4,15 (±0,01) ab	28,3 (±1,20) a	24,3 (±2,54) cd
Testemunha	4,02 (±0,12) a	31,4 (±1,04) ab	27,0 (±2,75) d
Nabo/Crot	4,05 (±0,15) ab	39,0 (±5,79) ab	23,4 (±8,64) cd
Ervi/Guandu	4,13 (±0,10) ab	40,1 (±5,50) ab	21,9 (±7,39) cd
Aveia/Mucuna	4,13 (±0,18) ab	34,4 (±3,78) ab	20,6 (±2,95) bc
Orgânica	4,02 (±0,17) a	36,6 (±2,80) ab	16,3 (±2,39) ab
Calcário	4,43 (±0,09) b	46,9 (±3,11) b	14,8 (±6,68) a
NPK	4,09 (±0,02) ab	39,0 (±2,40) ab	22,3 (±4,22) cd
NPK+cal	4,54 (±0,07) b	45,1 (±0,65) b	15,8 (±9,85) a
NPK+cal+org	4,57 (±0,02) b	45,4 (±1,53) b	14,3 (±3,33) a

Médias seguidas por letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$)

FONTE: a autora (2013)

TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DE CARBONO, FÓSFORO E POTÁSSIO, NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm

Tratamentos	C	P	K
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³
Veget. Nativa	39,1 (±0,03) c	15,0 (±2,88) a	0,17 (±0,01) a
Testemunha	26,5 (±0,66) a	26,7 (±6,13) b	0,23 (±0,12) ab
Nabo/Crot	28,8 (±1,57) ab	29,1 (±7,03) bcd	0,32 (±0,09) b
Ervi/Guandu	31,9 (±0,92) abc	28,8 (±7,32) bcd	0,33 (±0,07) b
Aveia/Mucuna	32,6 (±0,05) abc	24,5 (±5,48) bc	0,35 (±0,06) b
Orgânica	31,1 (±0,77) abc	25,4 (±8,13) bc	0,35 (±0,02) b
Calcário	30,9 (±2,13) abc	25,1 (±4,18) bc	0,27 (±0,08) ab
NPK	34,8 (±1,40) abc	40,5 (±3,70) d	0,50 (±0,23) c
NPK+cal	33,7 (±2,51) abc	35,0 (±4,44) cd	0,41 (±0,10) bc
NPK+cal+org	34,8 (±1,49) bc	43,3 (±4,84) d	0,51 (±0,02) c

Médias seguidas por letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$)

FONTE: a autora (2013)

4.4.1 pH do Solo

Os tratamentos que receberam calcário apresentaram os maiores valores de pH, diferenciando-se estatisticamente da testemunha e do tratamento com adubação orgânica (TABELA 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Caires *et al.* (2000) que encontraram aumento do pH do solo com a aplicação superficial de

calcário. Por outro lado, Favaretto *et al.* (2000) não obtiveram resposta com a aplicação de calcário a lanço, sem incorporação. Isto se deve ao efeito de diluição da amostragem, realizada na camada de 0-10 cm do solo, sendo que o efeito do calcário é superficial (0-3 cm), considerando a baixa mobilidade no solo do produto utilizado (RAIJ, 1981).

Os diferentes tratamentos com plantas de cobertura não alteraram o pH do solo em relação a testemunha. Este dado também foi obtido por Andreola *et al.* (2000), testando a aveia-preta em consórcio com o nabo forrageiro.

O aumento do pH, ocasionado pela calagem, em espécies nativas pode apresentar efeitos negativos (NICOLOSO *et al.*, 2008) ou positivos, especialmente nas espécies pioneiras (FURTINI NETO *et al.*, 1999). Segundo Gonçalves *et al.* (2008), a calagem em reflorestamentos de espécies nativas não visa aumentar o pH ou corrigir os teores tóxicos de alumínio e sim fornecer cálcio e magnésio em quantidades adequadas. Segundo Marques (2006), o valor ideal de pH para solos sob vegetação nativa é de 3,5 a 4,0.

4.4.2 Saturação por Bases (V%)

A saturação por bases (V%) apresentou o menor valor na vegetação remanescente, sendo estatisticamente inferior aos tratamentos com calcário, NPK+calcário e NPK+cal+org (TABELA 4). Este resultado foi devido à característica original do solo sob vegetação nativa, enquanto as parcelas alocadas na área anteriormente agrícola já haviam sido corrigidas com calcário, mas principalmente, os três tratamentos com as maiores médias do índice receberam aplicação de calcário dolomítico em superfície antecedente ao plantio das mudas arbóreas. Segundo Briedis *et al.* (2012), o calcário aplicado na superfície do solo aumentou a saturação por bases do solo, especialmente da camada superficial. Caires *et al.* (2000) também obtiveram resultados positivos com a aplicação superficial do produto, obtendo aumento nos teores de cálcio e magnésio, aumento na saturação por bases e correção do alumínio tóxico, até a profundidade de 60 cm.

4.4.3 Saturação por Alumínio (m%)

A saturação por alumínio ou m% (TABELA 4) apresentou valor superior no tratamento vegetação remanescente, enquanto os menores valores foram obtidos nos tratamentos com calagem. Briedis *et al.* (2012) e Caires *et al.* (2000) também observaram redução na saturação por alumínio com a aplicação superficial de calcário.

Os tratamentos com espécies de cobertura de solo não apresentaram variação na saturação por alumínio. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Nascimento *et al.* (2003). Os autores (*ibidem*) não observaram variações no teor de alumínio testando espécies leguminosas de adubação verde. Resultados semelhantes também foram encontrados por Andreola *et al.* (2000), avaliando a variação de alumínio no solo sob cobertura de aveia preta e nabo forrageiro.

4.4.4 Carbono Orgânico

O carbono orgânico apresentou diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (TABELA 5). A vegetação nativa apresentou os maiores teores deste elemento, resultado provavelmente devido as suas condições de preservação. Enquanto os menores resultados foram obtidos na testemunha, indicando que o uso anterior na área reduziu significativamente o teor do elemento no solo.

Os tratamentos com espécies de cobertura e adubações apresentaram teores de carbono orgânico superiores à testemunha, mas não diferiram significativamente desta. Aragão *et al.* (2012) encontrou resultados semelhantes, os tratamentos empregados não foram capazes de elevar os teores de carbono orgânico em relação ao início do estudo. Por outro lado, Favaretto *et al.* (2000) encontraram os maiores valores de carbono orgânico nos tratamentos com adubação orgânica e consórcio de forragens gramíneas e leguminosas perenes. Andreola *et al.* (2000) encontraram aumentos significativos nos teores de carbono orgânico nos tratamentos com espécies de cobertura, mas atribuíram parte deste resultado à presença de raízes semi decompostas nas amostras de solo destinadas a análise. Longo *et al.* (2011) analisando teor de matéria orgânica em solos em processo de recuperação, não

encontraram diferenças significativas entre os diferentes tratamentos com adubações e espécies de adubação verde, 15 meses após a instalação do experimento, indicando que este período não foi suficiente para alterar esta característica no horizonte superficial, sendo necessário maior tempo para reestabelecimento desses teores.

No presente trabalho, o tratamento completo foi o único que se diferenciou da testemunha, este resultado provavelmente ocorreu devido ao melhor desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas e conseqüentemente, maior deposição de material orgânico na superfície do solo. Segundo Briedis *et al.* (2005) a calagem superficial contribuiu para aumentar o teor de carbono orgânico total até 20 cm de profundidade do solo, após 15 anos da primeira aplicação e 7 anos após a reaplicação.

4.4.5 Fósforo no Solo

O teor médio de fósforo (TABELA 5) variou significativamente entre os tratamentos.

As plantas de cobertura não influenciaram a variação do teor de fósforo no solo, sendo o menor teor encontrado no tratamento com sucessão nabo/crotalária (TABELA 5), enquanto o maior ocorreu no tratamento completo. Aragão *et al.* (2012) obtiveram os maiores teores deste elemento nas parcelas adubadas com fosfato natural e consórcio entre feijão de porco e guandu. Favaretto *et al.* (2000) encontraram elevação de fósforo no tratamento com adubação orgânica, o que se repetiu no trabalho de Andreola *et al.* (2000). Já para Silva J. C. P. M. *et al.* (2010), testando o efeito de doses de adubo orgânico e mineral, encontraram incrementos significativos do elemento com o aumento das doses de adubo mineral até 10cm de solo.

A rápida elevação no teor de fósforo nos tratamentos que receberam adubação mineral deve-se, provavelmente, pela presença de grânulos mal dissolvidos do adubo aplicado a lanço e também de adubações mal distribuídas na época anterior a instalação do experimento.

Segundo a SBCS (2004), considerando o teor de argila de 50%, o teor de fósforo foi considerado muito alto em todos os tratamentos, não apresentando restrições ao crescimento das plantas nas condições do estudo. A baixa disponibilidade de fósforo dos solos tropicais e subtropicais é uma das deficiências mais limitantes na área florestal (GONÇALVES *et al.*, 2005), e as espécies arbóreas pioneiras possuem grande exigência nutricional por este nutriente (GONÇALVES *et al.* 1992).

4.4.6 Potássio no Solo

O teor médio de potássio (TABELA 5) variou significativamente entre os tratamentos. As parcelas que receberam adubação mineral NPK apresentaram os maiores teores deste nutriente. Resultado diferente foi obtido por Silva J. C. P. M. *et al.* (2010). Segundo estes autores (*ibidem*), os teores de potássio no solo ao final do experimento foram menores do que os iniciais, com aplicação de adubo mineral, porém o mesmo não ocorreu com o adubo orgânico, que aumentou gradativamente o teor deste nutriente com o aumento da dose aplicada. Andreola *et al.* (2000) também encontraram o maior teor de potássio no tratamento com adubação orgânica, quando comparado ao adubo mineral, provavelmente devido a dose do adubo orgânico fornecer quantidade superior de potássio em relação ao que era requerido pelas plantas.

As espécies de cobertura de solo apresentaram teores de potássio estatisticamente iguais ao da testemunha, indicando que a ciclagem do nutriente não ocorreu neste estudo. Resultados diferentes foram obtidos por outros autores. Nascimento *et al.* (2003) observaram alta variação de potássio em seu estudo, sendo que os tratamentos com espécies leguminosas de cobertura (mucuna preta, cunhã, crotalária e leucena) apresentaram valores significativamente superiores à testemunha, indicando a importância das leguminosas para a ciclagem do elemento no solo. O efeito positivo do cultivo do nabo forrageiro, manejado com rolo-faca, na disponibilidade de nitrogênio e potássio para o solo também foi observado por Crusciol *et al.* (2005). A ciclagem de potássio não foi observada neste estudo

provavelmente devido ao baixo desenvolvimento e baixa produtividade de matéria seca das espécies de cobertura.

O teor de potássio na vegetação nativa foi interpretado como médio, enquanto nos tratamentos NPK, NPK+calcário e NPK+calcário+orgânica o teor do elemento foi interpretado como muito alto, e nos demais tratamentos interpretado como alto (SBCS, 2004).

4.5 EFEITO DOS DIFERENTES TRATAMENTOS NA MICROBIOLOGIA DO SOLO

4.5.1 População Microbiana do Solo

A análise estatística comparando a contagem populacional dos principais microorganismos encontrados no solo, entre os diferentes tratamentos pode ser observada na tabela 6. A população microbiana do solo apresentou contagens médias de microorganismos estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) entre os diferentes tratamentos empregados.

TABELA 6 – DENSIDADE POPULACIONAL MICROBIANA DO SOLO, NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm

Tratamentos	Bac. Totais	Bac. Esporul.	Fungos	Actinomicetos
	ufc x 10 ⁴ /g de solo seco			
Veget. Nativa	403,3 (±10,17) b	43,6 (±7,48) a	4,0 (±1,64) c	121,3 (±3,25) ab
Testemunha	247,8 (± 1,15) a	81,2 (±1,06) b	1,1 (±0,34) a	91,8 (±5,71) a
Nabo/Crot	328,0 (± 3,38) b	66,2 (±1,14) ab	1,9 (±0,45) ab	157,3 (±3,41) bc
Ervi/Guandu	395,8 (±7,56) b	76,2 (±3,27) ab	2,4 (±1,22) ab	177,8 (±6,62) c
Aveia/Mucuna	258,4 (±18,02) a	91,8 (±7,60) b	1,6 (±0,50) ab	138,8 (±6,65) b
Orgânica	254,6 (±14,35) a	108,0 (±7,16) b	2,3 (±0,25) ab	109,2 (±1,71) ab
Calcário	615,4 (± 8,22) c	95,2 (±1,52) b	1,0 (±0,35) a	146,8 (±3,98) b
NPK	489,0 (±16,24) bc	97,2 (±6,27) b	2,0 (±0,58) ab	116,2 (±5,61) ab
NPK+cal	598,0 (±20,61) c	87,8 (±7,50) b	1,9 (±0,64) ab	160,9 (±2,67) bc
NPK+cal+org	604,0 (±13,30) c	85,0 (±6,00) b	1,3 (±1,07) ab	165,0 (±4,24) bc

Médias seguidas por letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

FONTE: a autora (2013)

A população de bactérias apresentou médias estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) entre os tratamentos. O emprego de calcário, NPK, NPK+calcário e NPK+cal+org foi responsável pela maior contagem de bactérias. Além do aumento do pH do solo, parte deste resultado provavelmente foi obtido devido ao efeito indireto dos insumos aplicados ao solo que resultaram em bom desenvolvimento das plantas de bracinga e aroeira e estas indiretamente favoreceram a população dos microorganismos. O efeito positivo da calagem sobre a população bacteriana também foi observado por Barroti e Nahas (2000). Os autores (ibidem) observaram incremento de 24% na população bacteriana com a aplicação de calcário. O efeito do plantio de leguminosas sobre a população de bactérias também é conhecido. Segundo Cattelan e Vidor (1990), o emprego de leguminosas com baixa relação C/N pode beneficiar o desenvolvimento deste grupo de microorganismos, servindo como fonte direta de nutrientes.

A testemunha apresentou a menor contagem de bactérias ($247,8 \times 10^4$ unidades formadoras de colônias/g de solo). Os resultados são menores do que os encontrados por Silva Filho e Vidor (1984), que obtiveram contagens de 5470 e 2750 $\times 10^4$ ufc/g de solo, para solo em recuperação e solo degradado, respectivamente. Já Cattelan e Vidor (1990) contabilizaram 630×10^4 ufc/g de solo de bactérias em solo descoberto. Segundo Cattelan (1989), a baixa densidade populacional de bactérias pode ser explicada pela falta de cobertura vegetal adequada, pouca disponibilidade de nutrientes orgânicos, extremos de temperatura e umidade e fertilidade do solo.

Em relação às plantas de cobertura de solo, a sucessão ervilhaca/feijão guandu e nabo/crotalária resultaram em contagens de bactérias estatisticamente superiores ao solo cultivado com aveia/mucuna preta, indicando o favorecimento da população bacteriana devido à combinação das espécies. Segundo Nuernberg *et al.* (1984), a relação C:N dos resíduos sobre o solo, o balanço de nutrientes, e o estágio de degradação da matéria orgânica podem influenciar a população microbiana do solo.

A contagem de bactérias esporulantes variou significativamente entre a vegetação nativa e os demais tratamentos. A vegetação nativa apresentou a menor contagem, com $43,6 \times 10^4$ ufc/g de solo, seguida dos tratamentos com

nabo/crotalária e ervilhaca/feijão guandu, estes tratamentos não se diferenciaram entre si, indicando melhores condições de solo. O tratamento com adubação orgânica apresentou a maior contagem, com 108×10^4 ufc/g de solo, estatisticamente diferente da testemunha. Segundo Cattelan e Vidor (1990), a alta densidade deste grupo de microorganismos pode ser resultado das condições adversas do solo. Esses autores (ibidem) obtiveram contagem de 132 e 161×10^4 ufc/g de solo, para solo descoberto e sucessão guandu/milho, respectivamente, considerando a camada de 0-5 cm do solo. Já Silva Filho e Vidor (1984), obtiveram contagens de $19,1$ e $29,1 \times 10^4$ ufc/g de solo, para solo em recuperação e solo degradado, respectivamente.

Não foi observado efeito significativo das diferentes adubações e calagem sobre as bactérias esporulantes, resultado também observado por Bernardes e Santos (2006). Segundo os autores (ibidem) a população destes microorganismos não variou significativamente em função da aplicação de gesso e calcário, a maior variação foi observada em função das diferentes épocas avaliadas.

A população fúngica também foi alterada significativamente entre os tratamentos. A vegetação nativa apresentou a maior média, com 4×10^4 ufc/g de solo, deferindo-se dos tratamentos com calcário e a testemunha, que apresentaram as menores contagens de $1,0 \times 10^4$ ufc/g de solo e $1,1 \times 10^4$ ufc/g de solo, respectivamente. Freixo *et al.* (2000) avaliando solos de mata, obtiveram contagem de $4,7 \times 10^4$ ufc/g de solo, enquanto Silva Filho e Vidor (1984) obtiveram contagens da população fúngica de $4,2 \times 10^4$ ufc/g de solo em solo erodido e $22,9 \times 10^4$ ufc/g de solo em solos em recuperação. Segundo esses autores (ibidem), a baixa densidade populacional destes microorganismos pode estar correlacionada com baixos teores de matéria orgânica, fósforo e potássio. Nota-se, nas condições do estudo, que a alteração do solo afetou severamente a população fúngica, e que o equilíbrio entre os microorganismos, buscado com as medidas de recuperação do solo, ainda não foi obtido.

Não foi observado efeito da adubação e calagem na população fúngica, resultado diferente ao obtido por outros autores. Segundo Barroti e Nahas (2000), a aplicação de superfosfato simples foi responsável pelo maior desenvolvimento da comunidade fúngica, assim como o cultivo da brachiaria, havendo pouca influência

da calagem para este grupo de microorganismos. Para Nuernberg *et al.* (1984) a adubação mineral e orgânica foi responsável pelo aumento na densidade populacional fúngica.

A baixa população de fungos pode ter ocorrido também devido a menor umidade do solo. Souto *et al.* (2008) observaram este efeito. Segundo os autores (ibidem) a população de fungos está diretamente relacionada com o conteúdo de água no solo, e épocas mais chuvosas contribuem para a ocorrência de maiores contagens, assim como o pH baixo pode contribuir para a maior população de fungos.

A população de actinomicetos apresentou a menor densidade na testemunha ($91,8 \times 10^4$ ufc/g de solo) e contagens estatisticamente superiores nos tratamentos ervilhaca/feijão guandu ($177,8 \times 10^4$ ufc /g de solo), NPK+calcário+orgânica ($165,0 \times 10^4$ ufc/g de solo) e NPK+calcário ($160,9 \times 10^4$ ufc/g de solo). Tais resultados foram inferiores aos encontrados por Cattelan (1989), que obteve densidade populacional de actinomicetos de 405×10^4 ufc/g de solo, e aos dados obtidos por Silva Filho e Vidor (1984), com contagem de 256×10^4 ufc/g de solo em solo em recuperação. Por outro lado, os resultados no presente estudo foram superiores aos encontrados por Freixo *et al.* (2000), que obtiveram contagem de $4,7 \times 10^4$ ufc/g de solo em solo sob mata.

As maiores densidades de actinomicetos foram obtidas nos tratamentos com adubação mineral, provavelmente devido à correlação positiva destes microorganismos com a fertilidade do solo (CATTELAN,1989). A sucessão ervilhaca/feijão guandu pode ter favorecido o desenvolvimento destes microorganismos por se tratar de duas espécies fixadoras de nitrogênio. Bernardes e Santos (2006) não encontraram variação significativa para os actinomicetos, testando a aplicação de gesso e calcário, em plantio convencional e direto, no ciclo da cultura da soja. Para Pereira *et al.* (2000) o aumento significativo na densidade populacional de actinomicetos ocorreu provavelmente em função do déficit hídrico, resultado de 40 dias sem chuva, o que favoreceu o desenvolvimento destes microorganismos.

Observou-se que a densidade populacional no local do estudo foi inferior à encontrada nos trabalhos de Silva Filho e Vidor (1984), Nuernberg *et al.* (1984),

Cattelan (1989), Cattelan e Vidor (1990), indicando que provavelmente a microfauna do solo ainda não se reestabeleceu. Segundo Silva Filho e Vidor (1984), os microorganismos podem ser afetados significativamente pelo efeito de diluição, considerando que a maior densidade populacional, em solos com cobertura morta, ocorre nos 2,5cm superficiais; pelo tempo de condução do experimento; pelo tamanho das parcelas e pela disposição no terreno.

4.5.2 Biomassa e Atividade Microbiana do Solo

Na tabela 7 podem ser observadas as médias obtidas nos diferentes tratamentos de carbono da biomassa microbiana, respiração basal microbiana e quociente metabólico. A análise estatística demonstrou haver variações significativas entre as médias dos tratamentos ($P < 0,05$).

TABELA 7 - CARBONO CONTIDO NA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO, RESPIRAÇÃO BASAL DO SOLO E QUOCIENTE METABÓLICO, NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm

Tratamentos	CBM		RBS		qCO ₂	
	µg g ⁻¹ de solo seco		µg g ⁻¹ de C-CO ₂			
Veget. Nativa	131,33	(±5,78) c	4,48	(±0,65) a	0,04	(±0,02) a
Testemunha	85,00	(±4,25) abc	7,79	(±1,25) b	0,09	(±0,03) bc
Nabo/Crot	77,10	(±4,17) ab	7,87	(±1,70) b	0,11	(±0,10) c
Ervi/Guandu	117,74	(±6,61) bc	7,88	(±1,50) b	0,06	(±0,25) abc
Aveia/Mucuna	47,60	(±7,08) a	8,88	(±1,32) b	0,20	(±0,15) d
Orgânica	112,55	(±3,76) bc	7,37	(±1,35) b	0,08	(±0,02) abc
Calcário	123,63	(±4,02) bc	8,89	(±1,45) b	0,07	(±0,07) abc
NPK	101,14	(±3,36) bc	7,48	(±1,37) b	0,08	(±0,05) abc
NPK+cal	118,20	(±6,66) bc	7,51	(±1,61) b	0,06	(±0,08) ab
NPK+cal+org	123,38	(±4,47) bc	7,64	(±1,12) b	0,06	(±0,15) ab

Médias seguidas por letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$)

FONTE: a autora (2013)

Foi observada variação significativa no teor do carbono da biomassa microbiana entre os tratamentos (TABELA 7).

Os maiores teores de CBM foram obtidos na vegetação nativa. Estes dados estão de acordo com os obtidos por Santos *et al.* (2004) e Silva R. R. *et al.* (2010). Esses autores (*ibidem*) obtiveram os maiores valores do parâmetro no cerrado nativo, tido como a área de referência. Para Alves *et al.* (2011), solos sob vegetação

nativa normalmente apresentam CBM superior, quando comparados a solos cultivados, pois a microbiota é favorecida pela cobertura vegetal, devido ao maior aporte de matéria orgânica e nutrientes.

Os tratamentos com sucessão ervilhaca/feijão guandu, adubação orgânica, calcário, NPK, NPK+calcário e NPK+calcário+orgânica apresentaram médias estatisticamente iguais à vegetação nativa, indicando que estes tratamentos estão favorecendo o CBM, provavelmente devido ao crescimento da vegetação arbórea plantada, e deposição do material vegetal sobre o solo. Para Santos *et al.* (2004) o plantio direto apresentou CBM semelhante ao solo mantido em condições naturais, indicando que o não revolvimento do solo apresenta influência positiva no carbono da biomassa microbiana. Resultados semelhantes também foram obtidos por Bolota *et al.* (1998) comparando sistema de plantio direto e convencional. Para Aragão *et al.* (2012) o carbono da biomassa microbiana é um bom indicador da qualidade do solo por mostrar as pequenas variações ocorridas. O conhecimento da dinâmica da biomassa microbiana é muito importante, pois ela é uma importante fonte de nutrientes para as plantas (INSAM; DOMSCH, 1988).

A calagem pode apresentar efeito positivo neste parâmetro, conforme observado neste estudo, os tratamentos com correção da acidez do solo apresentaram valores de CBM estatisticamente superiores à testemunha. Este comportamento também foi observado por Melo (2012). O autor (*ibidem*) observou tendência de redução do CBM nos tratamentos que não receberam calagem.

Os menores teores de CBM foram encontrados na sucessão aveia preta/mucuna preta, seguido da sucessão nabo/crotalária e testemunha, indicando que o cultivo destas espécies de cobertura não foi capaz de alterar este parâmetro biológico, provavelmente devido à baixa produção de matéria seca. Os resultados obtidos estão de acordo com os estudos de Aragão *et al.* (2012), os autores (*ibidem*) concluíram que a adubação verde não foi capaz de aumentar o CBM e o uso de feijão de porco com a aplicação de fosfato natural apresentou redução significativa deste parâmetro. Para Silva R. R. *et al.* (2010) os diferentes sistemas de manejo, direto e convencional, com diferentes rotações de culturas, contribuíram para reduzir o carbono da biomassa microbiana do solo.

A atividade microbiana, representada pela liberação de CO₂, apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (TABELA 7).

A vegetação nativa apresentou valores estatisticamente inferiores aos demais tratamentos. Os tratamentos com adubações, calagem e espécies de cobertura não apresentaram diferenças significativas entre si, indicando que estes foram responsáveis pela maior atividade microbiana, provavelmente em função da adição dos diferentes insumos. Resultados semelhantes também foram obtidos por Nuernberg *et al.* (1984). Conforme os autores (*ibidem*), a testemunha apresentou baixa liberação de CO₂ quando comparada às adubações mineral e orgânica. Ferreira *et al.* (2008) encontraram maior liberação de CO₂ com a aplicação de fósforo ao solo. Para Scabora *et al.* (2011), a maior liberação de CO₂ ocorreu na pastagem provavelmente em decorrência dos teores mais elevados de matéria orgânica, resultado da aplicação de resíduos orgânicos.

O quociente metabólico é a razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana (Silva E. E. *et al.*, 2007). Nas condições do experimento, a vegetação nativa apresentou o menor quociente em relação aos demais tratamentos. Este resultado já era esperado, considerando que a vegetação nativa é a área de referência do estudo. Segundo Insam e Domsch (1988), o valor do quociente metabólico diminui durante a evolução de um ecossistema. Para estes autores (*ibidem*), o índice é o indicador sensível das variações no solo, enquanto a biomassa microbiana é um indicador de rápida obtenção, porém é capaz de identificar variações expressivas, como mudanças de manejo e contaminações.

A vegetação nativa e os tratamentos com sucessão ervilhaca/feijão guandu, adubação orgânica, calcário, NPK, NPK+calcário e NPK+calcário+orgânica obtiveram as menores médias e não diferiram entre si (TABELA 7), indicando que estes tratamentos apresentam maior estabilidade. Luna *et al.* (2008), comparando áreas de pastagens produtivas e degradadas, obtiveram média do quociente metabólico na pastagem produtiva de 0,69, enquanto a média da pastagem degradada foi de 3,98 mgCO₂-C.g⁻¹ de solo. Enquanto Bolota *et al.* (1998) obtiveram os menores valores de qCO₂ no plantio direto e os maiores foram obtidos no plantio convencional.

Os valores mais elevados de qCO_2 , foram encontrados na testemunha e nos tratamentos sucessão nabo/crotalária e sucessão aveia preta/mucuca preta, comprovando que estes tratamentos apresentam pouca evolução biológica. Segundo Dias Júnior *et al.* (1988), o alto valor do quociente metabólico indica alto grau de estresse no solo, devido ao alto gasto de energia na sua manutenção devido a elevação da respiração (perda de CO_2). Os autores (*ibidem*) encontraram altos valores de qCO_2 , segundo os autores, este valor indicou que a área encontrava-se sob estresse, principalmente pela falta de cobertura vegetal, contaminação por metais pesados, baixos valores de pH, carbono e nutrientes.

4.6 CORRELAÇÕES ENTRE FERTILIDADE E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO

Observou-se no presente estudo que os atributos microbiológicos apresentaram correlações significativas com a fertilidade do solo (TABELA 8), resultado já observado por outros autores tais como Cattelan (1989), Catelan e Vidor (1990), Silva Filho e Vidor (1984).

As bactérias totais apresentaram correlação linear significativa com pH ($r = 0,39$), teor de fósforo ($r = 0,47$) e cálcio ($r = 0,66$), além de correlação linear negativa com a saturação por alumínio ($r = -0,49$). Resultados semelhantes aos observados por Catelan e Vidor (1990), em que as bactérias se mostraram correlacionadas com os teores de magnésio, fósforo, cálcio, K, CTC e matéria orgânica.

As bactérias esporuláveis apresentaram correlação linear significativa com os atributos químicos fósforo ($r = 0,34$), potássio ($r = 0,52$), cálcio ($r = 0,34$), alumínio ($r = 0,54$) e correlação linear negativa com a saturação por alumínio ($r = -0,44$). Cattelan e Vidor (1990) não encontraram correlações entre a fertilidade do solo e este grupo de microorganismos.

A população fúngica apresentou correlação linear significativa com o alumínio ($r = 0,58$) e saturação por alumínio ($r = 0,42$) e correlação negativa com potássio ($r = -0,32$), magnésio ($r = 0,37$). Catelan e Vidor (1990) encontraram correção positiva entre estes microorganismos e o potássio e a matéria orgânica. Para Silva Filho e

Vidor (1984) a melhoria da fertilidade do solo pode promover o rápido estabelecimento de fungos e bactérias do solo.

TABELA 8 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE FERTILIDADE DO SOLO E A POPULAÇÃO E ATIVIDADE MICROBIANA

Parâmetros	ufc x 10 ⁴ /g de solo seco				RBS	CBM
	Bac. Totais	Bac. Esporul.	Fungos	Actinomicetos	µg g ⁻¹ C-CO ₂	µg g ⁻¹ de solo
pH	0,39 *	0,11 ns	-0,08 ns	0,14 ns	-0,04 ns	0,23 ns
Carbono	-0,19 ns	0,02 ns	-0,04 ns	0,06 ns	0,08 ns	-0,10 ns
Fósforo	0,47 *	0,34 *	-0,22 ns	0,29 ns	0,18 ns	0,22 ns
Potássio	0,11 ns	0,52 *	-0,33 *	-0,06 ns	0,17 ns	-0,03 ns
Cálcio	0,66 *	0,34 *	-0,27 ns	0,14 ns	-0,02 ns	0,34 *
Magnésio	0,08 ns	-0,28 ns	0,37 *	0,03 ns	-0,26 ns	0,33 *
Alumínio	-0,29 ns	-0,54 ns	0,59 *	-0,27 ns	-0,49 *	-0,12 ns
CTC	0,26 ns	-0,16 ns	0,09 ns	0,11 ns	-0,11 ns	0,39 ns
V%	0,24 ns	0,05 ns	0,10 ns	-0,07 ns	-0,26 ns	0,21 ns
m%	-0,49 *	-0,44 *	0,42 *	-0,24 ns	-0,27 ns	-0,29 ns

ns = não significativo, * significativo a 95% de probabilidade

FONTE: a autora (2013)

A população de actinomicetos não apresentou correlação com os atributos químicos do solo. Este resultado está de acordo com os obtidos por Silva Filho e Vidor (1984). Segundo os autores (ibidem) os actinomicetos foram os microorganismos que menos se relacionaram com a fertilidade do solo. Entretanto para Cattelan (1989), a população de actinomicetos apresentou correlação positiva com o teor de matéria orgânica do solo, fósforo, potássio, cálcio e capacidade de troca catiônica.

A respiração basal do solo também apresentou correlação linear negativa com o alumínio ($r = -0,49$), enquanto o carbono da biomassa microbiana apresentou correlação com os teores de cálcio ($r = 0,33$) e magnésio ($r = 0,32$) do solo. Para Cattelan (1989) a flutuação da respiração basal microbiana e da biomassa microbiana é mais influenciada pelas variações de temperatura e umidade do solo do que pelas variações na fertilidade do solo.

4.7 FÍSICA DO SOLO

A análise granulométrica do solo apresentou, na profundidade de 0-10 cm, 50,03% de argila, 14,76 % de silte e 35,21% de areia. O solo foi classificado como

argiloso. Segundo Reinert e Reichert (2006), a classe textural juntamente com o tipo de argila afetam outras propriedades físicas como a drenagem e a retenção de água, a aeração e a consistência dos solos. Solos de textura argilosa tendem a apresentar maior quantidade de microporos e menor de macroporos, conseqüentemente alta retenção de água, drenagem lenta, menor potencial de erosão, porém maior potencial de compactação.

A densidade de partículas apresentou pequena variação, entre 2,50 e 2,56 g/cm³, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos. Segundo Ferreira (2010), este é um atributo muito estável, que não reflete as condições de estruturação do solo. A sua variação depende exclusivamente das proporções relativas das frações mineral e orgânica e da composição mineralógica do solo, assim a maioria dos solos minerais, apresentará densidade de partículas de 2,6 a 2,7 g/cm³, devido a maior presença de quartzo. A presença de ferro e outros metais pesados contribuirão para aumentar a densidade, enquanto a matéria orgânica os diminui, chegando a 1,2 g/cm³. Isto é, ao longo do tempo o manejo do solo pode alterar este parâmetro se resultar em diminuição do teor de matéria orgânica na camada superficial.

A primeira avaliação da densidade do solo foi realizada em abril/2011 (TABELA 9) durante a instalação do experimento e encontrava-se acima do ideal, indicando que o solo apresentava-se adensado. Isto foi observado em toda área experimental, já que o solo estava sob agricultura convencional há vários anos, e apresentava compactação visível, com selamento superficial aparente e baixo desenvolvimento das culturas e até mesmo da vegetação espontânea. Apenas as parcelas alocadas na vegetação nativa remanescente apresentaram valores considerados satisfatórios.

Segundo Reinert e Reichert (2006), os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g/cm³, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 g/cm³. Os valores de Ds associados à compactação do solo, com restrição ao crescimento radicial, situam-se em torno de 1,65 g/cm³ para solos arenosos e 1,45 g/cm³ para solos argilosos.

Para Machado e Favaretto (2006) uma das aplicações da densidade do solo é inferir sobre as condições de compactação do solo e, conseqüentemente, sobre o

impedimento mecânico ao sistema radicular das plantas. Outro aspecto importante também é a difusão do ar atmosférico. Solos com alta densidade podem impedir a difusão do O₂ e criar um ambiente anaeróbico e redutor prejudicial ao desenvolvimento das plantas.

TABELA 9 – DENSIDADE DO SOLO, EM g/cm³, SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO

Tratamentos	abr/11	mai/11	nov/11	mai/12	nov/12
Veg. Nativa	0,84 (±0,01)	0,84 (±0,01)	0,84 (±0,01)	0,86 (±0,01)	0,90 (±0,02)
Testemunha	1,23 (±0,03)	1,28 (±0,05)	1,27 (±0,04)	1,12 (±0,02)	1,17 (±0,06)
Nabo/Crot	1,21 (±0,06)	1,29 (±0,05)	1,36 (±0,05)	1,21 (±0,02)	1,16 (±0,03)
Ervi/Fei	1,18 (±0,05)	1,12 (±0,05)	1,40 (±0,07)	1,17 (±0,01)	1,20 (±0,04)
Aveia/Muc	1,28 (±0,06)	1,14 (±0,06)	1,34 (±0,05)	1,15 (±0,02)	1,19 (±0,04)
Orgânica	1,27 (±0,04)	1,13 (±0,08)	1,31 (±0,06)	1,16 (±0,03)	1,25 (±0,08)
Calcário	1,23 (±0,09)	1,25 (±0,05)	1,36 (±0,03)	1,13 (±0,02)	1,17 (±0,05)
NPK	1,21 (±0,06)	1,32 (±0,08)	1,22 (±0,03)	1,16 (±0,01)	1,15 (±0,06)
NPK+cal	1,20 (±0,09)	1,14 (±0,08)	1,21 (±0,04)	1,12 (±0,02)	1,19 (±0,02)
NPK+cal+org	1,19 (±0,04)	1,18 (±0,06)	1,24 (±0,04)	1,18 (±0,02)	1,14 (±0,05)

FONTE: a autora (2013)

Ao se analisar a variação da densidade do solo no decorrer dos meses, foi observado que após a escarificação (avaliação realizada em maio/2011) a densidade apresentou diminuição em todos os tratamentos. Porém no decorrer do período aumentou novamente (nov/2012), provavelmente devido ao acomodamento das partículas. Em maio/2012 a densidade apresentou diminuição e estabilizou-se até a última avaliação. Observou-se o efeito em curto prazo da escarificação, o que também foi observado por Alves *et al.* (2007). Segundo os autores (*ibidem*), o efeito deste procedimento pode durar alguns meses ou até vários anos, dependendo das práticas de manejo e cultivo do solo. A escarificação promove a descompactação da camada superficial do solo melhorando a aeração e o desenvolvimento das raízes (ARAÚJO *et al.*, 2004).

A análise estatística por contrastes ortogonais foi realizada entre os tratamentos que apresentavam maior potencial de alteração das características físicas do solo, no último período avaliado.

TABELA 10 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DENSIDADE DO SOLO, NA PROFUNDIDADE DE 0-5 cm, EM NOV/2012

Tratamentos	Densidade do solo (g/cm³)
Veg. nativa (T1)	0,90
Testemunha (T2)	1,17
Ervi/Guandu (T3)	1,20
Nabo/Crot (T4)	1,16
NPK+cal+org (T5)	1,14
Contrastes entre tratamentos	
T1 x T2	*
T1 x T3	*
T1 x T4	*
T1 x T5	*
T2 x T3	ns
T2 x T4	ns
T2 x T5	ns
T3 x T4	ns
T3 x T5	ns
T4 x T5	ns

ns = não significativo; * = significativo a 5%

FONTE: a autora (2013)

As variações na densidade do solo foram significativas (TABELA 10) quando os tratamentos foram comparados com a área de referência (vegetação nativa). Ao comparar os tratamentos entre si, foi observado que nenhum tratamento modificou a densidade do solo. Estes resultados estão em conformidade com os encontrados por Longo *et al.* (2011), trabalhando com plantas de cobertura de solo. Segundo estes autores (*ibidem*), a densidade do solo, densidade de partículas e a porosidade total não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes tratamentos após 15 meses da condução do experimento, concluindo que neste período não houve alterações na física do solo.

Os resultados demonstram que o nabo forrageiro não influenciou significativamente a densidade do solo, no período de 12 meses. Martins e Rosa Júnior (2005) trabalhando com diferentes espécies de cobertura de solo, entre elas aveia preta e nabo forrageiro, também não encontraram variações significativas na densidade do solo após 10 meses de condução do experimento.

O uso desse parâmetro como indicador de qualidade do solo não se mostrou sensível às alterações no período estudado, indicando que o tempo de recuperação

nas propriedades físicas do solo é mais longo. Spera *et al.* (2009) constataram melhora nas características físicas do solo com o uso de forrageiras perenes, em plantio direto conduzido por dez anos.

A porosidade total do solo pode ser observada na tabela 11. Este é um parâmetro inversamente proporcional à densidade do solo e de importância direta para o crescimento de raízes e movimento de ar, água e solutos no solo (REINERT; REICHERT, 2006). A maior porosidade foi observada na vegetação remanescente, com 61,88%, este foi o único tratamento que apresentou diferença estatística em relação aos demais. O comportamento se repetiu na avaliação feita após a escarificação, em maio/2011, em novembro/2011 e maio/2012.

TABELA 11 – POROSIDADE TOTAL DO SOLO, EM %, SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO

Tratamentos	abr/11	mai/11	nov/11	mai/12	nov/12
Veg. Nativa	61,9 (±0,59)	61,7 (±0,60)	60,9 (±0,59)	61,8 (±0,78)	61,3 (±0,55)
Testemunha	41,9 (±0,33)	48,8 (±1,48)	45,3 (±0,47)	53,4 (±0,93)	54,9 (±2,19)
Nabo/Crot	40,9 (±0,34)	50,7 (±2,46)	46,3 (±0,85)	50,4 (±0,85)	55,4 (±1,18)
Ervi/Fei	41,1 (±0,42)	50,0 (±1,61)	46,7 (±0,54)	51,6 (±1,32)	53,7 (±1,69)
Aveia/Muc	40,9 (±0,46)	48,6 (±1,83)	47,2 (±0,97)	52,7 (±0,76)	54,1 (±1,66)
Orgânica	40,9 (±0,36)	49,6 (±1,52)	48,1 (±1,19)	51,0 (±1,15)	51,7 (±3,07)
Calcário	40,7 (±0,26)	50,5 (±0,46)	46,0 (±0,35)	52,7 (±0,92)	55,0 (±2,10)
NPK	41,3 (±0,29)	49,6 (±0,49)	44,6 (±1,20)	52,2 (±0,98)	55,8 (±2,24)
NPK+cal	41,6 (±0,23)	50,0 (±0,33)	46,6 (±0,50)	53,6 (±0,48)	54,3 (±0,79)
NPK+cal+org	41,5 (±0,38)	49,0 (±0,36)	45,5 (±1,02)	51,7 (±0,81)	56,2 (±1,96)

FONTE: a autora (2013)

Na avaliação realizada em novembro/2012 (TABELA 12), a porosidade total na testemunha e nos tratamentos NPK+cal+org e a rotação nabo/crotalária, não diferiram entre si, mas diferiram estatisticamente da vegetação nativa remanescente. Este resultado pode indicar que a cobertura vegetal escolhida não foi eficiente na recuperação da porosidade do solo, ou que provavelmente o período de revegetação foi curto para alterar significativamente a sua estrutura. Os resultados obtidos estão de acordo com os obtidos por Neves Júnior *et al.* (2013). Para estes autores (ibidem) os sistemas de manejo com plantio direto e preparo do solo não foram capazes de alterar a estrutura do solo, considerando um período de 40 meses.

Estudos realizados por Genro Jr. *et al.* (2009), utilizando feijão guandu e crotalária em sistemas de rotação de cultura a cada três anos, indicaram que as espécies não alteraram a física do solo, em Latossolo argiloso compactado. Resultado semelhante também foi obtido por Flores *et al.* (2008) trabalhando com a recuperação de um Argissolo, com a utilização de plantio direto e cobertura com aveia preta e ervilhaca. Segundo estes autores (*ibidem*), o manejo aumentou a estabilidade dos agregados, mas não alterou a densidade e porosidade do solo.

TABELA 12 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA POROSIDADE TOTAL (%), NA PROFUNDIDADE DE 0-5 cm, EM NOV/2012

Tratamentos	Porosidade total do solo (%)
Veg. nativa (T1)	61,3
Testemunha (T2)	54,9
Ervi/Guandu (T3)	53,7
Nabo/Crot (T4)	55,4
NPK+cal+org (T5)	56,2
Contrastes entre tratamentos	
T1 x T2	*
T1 x T3	*
T1 x T4	*
T1 x T5	*
T2 x T3	ns
T2 x T4	ns
T2 x T5	ns
T3 x T4	ns
T3 x T5	ns
T4 x T5	ns

ns = não significativo; * = significativo a 5%

FONTE: a autora (2013)

Houve um considerável aumento na porosidade do solo após a escarificação realizada em área total e avaliada em maio de 2011. Porém, na avaliação realizada em novembro de 2011 foi possível verificar que a porosidade novamente diminuiu em todos os tratamentos, indicando que houve um acomodamento das partículas de solo, se tratando de um procedimento que modifica a estrutura do solo temporariamente, não recuperando-a.

Decorridos 19 meses da instalação do experimento, a porosidade total do solo nos tratamentos empregados aumentou, mas não se igualou à vegetação nativa,

independente do tipo de cobertura vegetal. A porosidade verificada nos tratamentos é considerada satisfatória para o desenvolvimento das espécies em estudo, significando não existir restrição física para o crescimento das raízes.

4.8 SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DA BRACATINGA

4.8.1 Sobrevivência (%) da Bracatinga

Foi observada menor sobrevivência das mudas em campo entre o 1.º e o 4.º mês após o plantio. Este período foi considerado crítico, pois além do stress do plantio, a precipitação no mês que foi realizado o plantio foi 50 mm menor do que a média histórica para a região (FIGURA 2), além da ocorrência do ataque de formigas cortadeiras. Após este período, a redução da sobrevivência foi menos expressiva. No entanto, no inverno, ocorreram duas geadas, o que também favoreceu a mortalidade.

A sobrevivência média no experimento, aos 12 meses, foi de 33,33%. Este resultado está próximo ao obtido por Chiamolera *et al.* (2011), que obteve aos 12 meses sobrevivência de 28 e 39,56%, em área aberta e em capoeira, respectivamente, em condições climáticas semelhantes ao do experimento.

Segundo Carpanezzi e Laurent (1988), a mortalidade da bracatinga em idades jovens é característica intrínseca da espécie, podendo ocorrer até em povoamentos raleados, onde as plantas são selecionadas pelo vigor inicial e não há competição significativa entre elas. Segundo esses autores (*ibidem*), em povoamentos densos com raleio pelas capinas na fase inicial de desenvolvimento, a mortalidade é mais pronunciada nos primeiros cinco anos, nesta idade, a densidade fica entre 2 e 4 mil árvores/ha.

4.8.2 Crescimento em Diâmetro Médio (mm) da Bracatinga

Não houve diferença significativa em relação ao diâmetro no 1.º, 4.º e no 8.º mes após o plantio (TABELA 13), período que também coincidiu com o clima mais ameno da região. Segundo Gonçalves *et al.* (2005), os primeiros meses após o

plântio são de adaptação, onde as taxas de acúmulo de nutrientes são pequenas. Após este período, segue-se uma fase de intenso crescimento e acúmulo de nutrientes. Nesta fase, todos os fotoassimilados sintetizados pela planta são canalizados para a formação de copas e sistema radicial.

No 12.º mês após o plantio ocorreu diferenças estatísticas entre os diâmetros médios das plantas, coincidindo com o início do verão. O tratamento NPK+cal+org apresentou o maior crescimento em diâmetro, seguido dos tratamentos NPK+cal e NPK. Estes resultados apresentaram médias superiores, estatisticamente diferentes aos demais tratamentos. Os dados demonstram a influência positiva que a adubação mineral exerce sobre a espécie. Este resultado é diferente dos encontrados na literatura. Segundo Vasquez (1987), trabalhando com sistemas de produção de bracinga com e sem adubação, a espécie apresentou diâmetro médios, aos 12 meses, de 5,17 cm e 4,82 cm, respectivamente, não havendo diferenças significativas entre os sistemas. Resultados semelhantes também foram obtidos por Clauberg (2005) testando diferentes doses de NPK em *Mimosa scabrella*. Este autor (ibidem) não encontrou diferenças estatísticas no crescimento em diâmetro, porém o tratamento que recebeu nitrogênio, fósforo e potássio apresentou os melhores resultados aos 290 dias após o plantio, com 14 mm, enquanto a testemunha apresentou diâmetro de 10,5 mm. Segundo Mazuchowski (2012), a aplicação de 300 kg/ha de NPK (10-20-10), aos 24 meses no bracingal já formado, não resultou em diferenças significativas entre as médias de diâmetro.

A rotação ervilhaca/feijão guandu obteve resultados estatisticamente iguais aos tratamentos que receberam adubação com NPK, provavelmente devido às duas espécies utilizadas na rotação fixarem biologicamente nitrogênio e serem eficientes na ciclagem de nutrientes. Segundo Penteado (2010), o feijão guandu é uma espécie bastante rústica que apresenta crescimento inicial lento, sistema radicial robusto, sendo capaz de descompactar solos com facilidade e pode fixar até 280 kg de nitrogênio/ha/ano. Seus exudados podem ajudar na disponibilização de fósforo. Já a ervilhaca fixa em torno de 80 a 100 kg de nitrogênio/ha/ano. Rufato *et al.* (2007) também observou resultado semelhante em relação ao uso da ervilhaca, em consórcio com o pessegueiro contribuiu para o desenvolvimento de pessegueiro (*Prunus persica*), aumentando o volume da copa da frutífera.

TABELA 13 – CRESCIMENTO INICIAL DE BRACATINGA EM DIÂMETRO MÉDIO (mm), EM DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO

Tratamentos	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
Testemunha	2,07 (±0,08) nsA	3,30 (±0,25) nsAB	4,14 (±0,36) nsB	13,28 (±2,02) aC
Nabo/Crot	2,06 (±0,15) nsA	3,61 (±0,78) nsA	4,40 (±0,89) nsA	12,64 (±1,10) aB
Ervi/Fei	2,00 (±0,18) nsA	3,30 (±0,24) nsAB	5,68 (±0,69) nsB	17,09 (±1,42) bcC
Aveia/Muc	1,85 (±0,07) nsA	3,01 (±0,36) nsA	3,81 (±0,28) nsA	11,25 (±1,44) aB
Orgânica	1,94 (±0,11) nsA	2,75 (±0,66) nsA	3,46 (±0,64) nsA	11,16 (±0,94) aB
Calcário	1,73 (±0,16) nsA	2,59 (±0,51) nsA	4,43 (±0,91) nsA	14,51 (±2,45) abB
NPK	1,98 (±0,10) nsA	3,66 (±0,70) nsA	5,19 (±0,75) nsA	18,68 (±3,87) bcB
NPK+cal	1,91 (±0,07) nsA	2,41 (±0,15) nsAB	3,79 (±0,73) nsB	19,87 (±2,11) bcC
NPK+cal+org	2,26 (±0,26) nsA	3,40 (±0,52) nsA	5,80 (±2,27) nsA	25,11 (±1,54) cB

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos e períodos avaliados, respectivamente (Tukey, $p < 0,05$)

FONTE: a autora (2013)

O tratamento que apresentou menor ganho em diâmetro médio foi a rotação nabo/crotalaria, com 12,64 mm, sendo inferior ao diâmetro da testemunha, que apresentou 13,28 mm, mas as médias não diferiram estatisticamente. Este resultado pode ser explicado devido ao efeito alelopático que o nabo exerce sobre diversas espécies vegetais. Segundo Rufato *et al.* (2007), nos tratamentos em que o nabo foi utilizado como cobertura de solo foi observado redução nos diâmetros do tronco e comprimento de ramos do pessegueiro.

Na tabela 13 também pode se observar a comparação estatística entre os diâmetros médios de cada tratamento nas quatro diferentes épocas avaliadas. A rotação nabo/crotalaria, aveia preta/mucuna preta, adubação orgânica, calcário, NPK, NPK+calc+org apresentaram crescimento pouco significativo até aos 8 meses, somente aos 12 meses apresentaram diferenças significativas. Já a testemunha, a rotação ervilhaca/feijão guandu, NPK+cal apresentaram diferenças significativas no crescimento em diâmetro de coleto já no 8.º mês, e aos 12 meses a diferença manteve-se significativa.

4.8.3 Crescimento em Altura (cm) da Bracatinga

A altura das plantas de bracatinga no 1.º, 4.º e 8.º mês após o plantio não apresentou variação significativa entre os diferentes tratamentos (TABELA 14). Aos

12 meses após o plantio foram observadas diferenças significativas. Os tratamentos NPK+cal+org, NPK+cal e NPK apresentaram os melhores incrementos em altura, com média de 267,50 cm, 252,98 cm e 243,08 cm, respectivamente, diferindo estatisticamente da testemunha, que apresentou média de 155,82 cm (FIGURA 14). O resultado demonstrou que a espécie respondeu, em crescimento em altura, à adubação mineral.

Este resultado também pode ser explicado pelo padrão de crescimento da planta, que segundo Carpanezzi e Laurent (1988) é rápido nos primeiros seis anos de vida, caracterizado pela alta densidade de plantas por área e pela competição entre os indivíduos.

TABELA 14 - CRESCIMENTO INICIAL DE BRACATINGA EM ALTURA (cm), EM DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO

Tratamentos	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
Testemunha	17,72 (±1,07) nsA	56,55 (±6,88) nsA	53,57 (±8,85) nsA	155,82 (±27,66) aB
Nabo/Crot	19,56 (±1,19) nsA	67,62 (±18,27) nsAB	87,91 (±21,53) nsBC	142,02 (±15,50) aC
Ervi/Fei	20,78 (±2,06) nsA	62,52 (±8,51) nsB	66,67 (±4,25) nsB	166,73 (±13,84) aC
Aveia/Muc	20,14 (±1,12) nsA	54,90 (±4,48) nsA	54,30 (±6,30) nsA	144,51 (±16,56) aC
Orgânica	21,22 (±2,44) nsA	40,73 (±12,22) nsA	50,16 (±10,41) nsA	126,99 (±16,79) aB
Calcário	19,92 (±1,52) nsA	48,62 (±8,11) nsA	57,81 (±12,15) nsA	183,01 (±26,40) abB
NPK	20,41 (±3,30) nsA	67,80 (±5,70) nsA	70,03 (±8,38) nsA	243,08 (±41,78) bB
NPK+cal	20,91 (±2,21) nsA	43,33 (±10,00) nsA	46,73 (±7,80) nsA	252,98 (±20,61) bB
NPK+cal+org	21,03 (±1,67) nsA	59,00 (±16,01) nsA	71,67 (±22,60) nsA	267,50 (±7,50) bB

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos e períodos avaliados, respectivamente (Tukey, $p < 0,05$)

FONTE: a autora (2013)

Os dados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os obtidos por Knapik *et al.* (2005), em seu trabalho a bracatinga apresentou bons incrementos em diâmetro e altura quando recebeu adubação química, sendo o melhor resultado obtido no tratamento que recebeu a dose máxima de adubo, porém doses intermediárias de adubo não diferiram estatisticamente em relação ao melhor tratamento, indicando que pode haver economia de adubação, desde que o teor de nutrientes seja suficiente para suprir suas exigências nutricionais.



FIGURA 14 – CRESCIMENTO DA BRACATINGA: A) TESTEMUNHA B) TRATAMENTO COM NPK+CALCÁRIO+ORGÂNICA

Fonte: a autora (2012)

Segundo Clauberg (2005), diferentes doses de NPK em *Mimosa scabrella*, resultaram em diferenças estatísticas no crescimento em altura; o tratamento que recebeu nitrogênio, fósforo e potássio e o tratamento que recebeu apenas potássio, apresentaram 150 cm e 100 cm, respectivamente, aos 290 dias após o plantio. Para Cardoso *et al.* (1985), a dose ideal de fósforo proporcionou o maior crescimento em diâmetro e altura, mas o acréscimo das dosagens do nutriente resultaram em decréscimos nos dois parâmetros.

O tratamento que recebeu apenas adubação orgânica apresentou a menor média, de 126,99 cm. Provavelmente a adubação orgânica não forneceu todos os nutrientes que as plantas necessitavam devido a imobilização destes pela matéria orgânica e microorganismos. Em estudo realizado por Lisboa Júnior e Sturion, (1982), a altura média das plantas de bracatinga, seis meses após o plantio, não foi afetada por adubo orgânico ou pelo superfosfato triplo aplicados individualmente, nas dosagens testadas. Porém, a utilização de 100 g de NPK 10-30-10/cova, resultou em uma altura média de 59,03 cm, enquanto 50 g de NPK 10-30-10/cova resultou em uma altura de 58,31 cm, aos seis meses após o plantio, não diferindo

estatisticamente entre eles. Mas a testemunha apresentou altura de 46,85 cm na mesma época, sendo estatisticamente inferior dos demais.

A testemunha e os tratamentos com rotação aveia/mucuna, orgânica, calcário, NPK, NPK+calc e NPK+calc+org apresentaram diferenças significativas no crescimento em altura aos 12 meses após o plantio. Já no tratamento ervilhaca/feijão guandu, esta diferença foi observada no 4.º mês após o plantio, indicando que a presença destas plantas, influenciou positivamente o desenvolvimento das mudas de bracatinga desde o 4.º mês. E no tratamento nabo/crotalária, a diferença ocorreu no 8.º mês após o plantio.

4.9 SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE AROEIRA

4.9.1 Sobrevivência (%) da Aroeira

A aroeira apresentou boa sobrevivência ao final do período avaliado, com média de 92,45%, apesar da ocorrência de uma estiagem logo após o plantio, durando 2 meses, com precipitação 50 mm menor do que a média histórica para a região (INMET, 2014; CAVIGLIONE *et al.*, 2000). Também ocorreu ataque de formigas cortadeiras. Apesar da intensa desfolha, foi observado ótimo potencial de rebrota. No inverno, ocorreram duas geadas que não interferiram na sobrevivência da espécie.

Segundo Nunes (2010), a aroeira vermelha apresentou sobrevivência de 100% aos 12 meses, podendo ser considerada uma boa opção para programas silviculturais e de recuperação ambiental de áreas degradadas. No estudo de Rachwal *et al.* (2000) a aroeira apresentou sobrevivência de 100% aos 2 anos. Já Chiamolera *et al.* (2011) encontrou valores de 90,06% em capoeira, aos 12 meses de avaliação, em condições climática semelhantes à deste estudo.

Segundo Ignácio *et al.* (2007), a menor densidade de sobreviventes e menor cobertura de copas (%) podem ser explicadas pela competição pelas espécies invasoras e ocorrência de formigas.

Bertoni e Dickfeldt (2007) avaliando os acréscimos anuais em altura e diâmetro, concluíram que até 10 anos após o plantio a aroeira teve um bom

desenvolvimento e sobrevivência, indicando que as mudas se adaptaram perfeitamente às condições de competição com a vegetação nativa por luz, água e nutrientes.

No local do estudo, decorrido aproximadamente 12 meses do plantio, observou-se o desenvolvimento de várias espécies infestantes e de regeneração natural, entre elas a ocorrência de *Baccharis sp.* foi bastante significativa, e também indivíduos de *Schinus terebinthifolia*, em especial nas parcelas adubadas.

4.9.2 Crescimento em Diâmetro Médio (mm) da Aroeira

No 1.º e 4.º mês após o plantio, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (TABELA 15). No 8.º mês após o plantio, a testemunha e os tratamentos sucessão nabo/crotalária, calcário e NPK+calcário apresentaram as menores médias, significativamente inferiores ao tratamento NPK+cal+org, indicando que neste período as plantas já haviam respondido positivamente à adubação completa.

TABELA 15 – CRESCIMENTO INICIAL DE AROEIRA EM DIÂMETRO MÉDIO (mm), EM DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO

Tratamentos	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
Testemunha	3,27 (±0,10) nsA	3,52 (±0,08) nsA	4,19 (±0,22) aA	10,70 (±1,32) aB
Nabo/Crot	3,30 (±0,08) nsA	3,44 (±0,08) nsA	3,98 (±0,10) aA	9,26 (±0,80) aB
Ervi/Fei	3,16 (±0,14) nsA	3,67 (±0,19) nsA	4,57 (±0,45) abA	10,86 (±1,13) aB
Aveia/Muc	2,88 (±0,16) nsA	3,26 (±0,15) nsA	4,57 (±0,19) abA	10,71 (±1,29) aB
Orgânica	3,18 (±0,15) nsA	3,63 (±0,21) nsA	4,88 (±0,39) abA	11,53 (±0,69) abB
Calcário	3,33 (±0,12) nsA	3,65 (±0,12) nsA	4,23 (±0,18) aA	11,89 (±1,07) abB
NPK	3,46 (±0,15) nsA	3,66 (±0,17) nsA	4,72 (±0,18) abA	13,97 (±0,94) bB
NPK+cal	3,02 (±0,16) nsA	3,32 (±0,14) nsA	4,07 (±0,28) aA	14,74 (±1,26) bB
NPK+cal+org	3,49 (±0,13) nsA	3,64 (±0,10) nsA	5,56 (±0,20) bA	15,08 (±1,38) bB

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos e períodos avaliados, respectivamente (Tukey, $p < 0,05$)

FONTE: a autora (2013)

Aos 12 meses após o plantio os tratamentos NPK, NPK+cal e NPK+cal+org apresentaram médias estatisticamente superiores à testemunha, indicando a resposta positiva da espécie em relação à adubação.

O tratamento completo apresentou diâmetro médio de 15,08 cm. Resultado inferior ao obtido por Nunes (2010), que encontrou valores de diâmetro de 26,36 mm para a aroeira aos 12 meses após plantio com adubação de fósforo no plantio e nitrogênio e potássio em cobertura.

A testemunha apresentou diâmetro médio de 10,70 mm aos 12 meses, resultados superiores aos obtidos por Chiamolera *et al.* (2011), que obtiveram 7,53 mm em plantas com a mesma idade. No trabalho de Rachwal *et al.* (2000) a aroeira apresentou diâmetro de 15,8 mm aos 2 anos, sem adubação. O incremento pode variar em função do material genético e principalmente, das condições edáficas do local onde os indivíduos foram plantados.

Estudos realizados com mudas de aroeira (em viveiro) quanto a resposta à adubação, sugerem que a aroeira responde bem a este procedimento, tanto em diâmetro quanto em altura. O maior suprimento de fósforo favoreceu o crescimento das raízes e acúmulo de biomassa, enquanto a adubação potássica ajudou a reduzir a incidência de doenças e a resistência a geadas (KNAPIK *et al.*, 2005). Segundo Mendonça *et al.* (1999), a ausência da calagem, Mg, K, B e principalmente Ca e P, propiciou menor crescimento em diâmetro, não diferindo da testemunha, em mudas.

4.9.3 Crescimento em Altura (cm) da Aroeira

Não foram observadas variações significativas entre as médias de altura, no 1.º e 4.º mês após o plantio. No 8.º mês após o plantio a adubação completa se diferenciou estatisticamente da testemunha e do tratamento sucessão nabo/crotalária (TABELA 16).

Na avaliação realizada no 12.º mês após o plantio, a altura se mostrou bastante responsiva em adubação mineral. Os tratamentos NPK, NPK+calc e NPK+calc+org apresentaram as maiores médias, significativamente superiores aos demais tratamentos. Porém entre os três tratamentos não houve diferenças, indicando que a aplicação somente de NPK é suficiente para obtenção dos maiores ganhos em altura.

Nóbrega *et al.* (2007) também observaram este comportamento para o parâmetro altura em mudas de aroeira submetidas a diferentes doses de

biossólidos, ocasionado pelo aumento nos teores de nutrientes e matéria orgânica no substrato. Segundo Mendonça *et al.* (1999), a omissão de cálcio e fósforo foi limitante para o desenvolvimento em altura das mudas de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*), seguido da omissão de magnésio, calagem, potássio, boro e nitrogênio que também prejudicou o crescimento em altura.

TABELA 16 – CRESCIMENTO DE AROEIRA EM ALTURA (cm), EM DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO

Tratamentos	1º Mês	4º Mês	8º Mês	12º Mês
Testemunha	38,32 (±1,41) nsA	34,4 (±1,52) nsA	34,7 (±1,27) aA	78,66 (±5,68) aB
Nabo/Crot	37,65 (±1,51) nsA	34,5 (±1,81) nsA	36,2 (±1,28) aA	72,18 (±7,19) aB
Ervi/Fei	38,29 (±0,88) nsA	38,2 (±1,73) nsA	41,4 (±2,89) abA	88,64 (±8,13) aB
Aveia/Muc	39,28 (±1,03) nsA	37,7 (±1,44) nsA	37,7 (±1,63) abA	82,07 (±11,55) aB
Orgânica	38,75 (±0,48) nsA	37,8 (±1,09) nsA	42,2 (±1,44) abA	99,94 (±7,31) aB
Calcário	40,14 (±1,25) nsA	37,3 (±1,05) nsA	38,7 (±0,66) abA	70,53 (±6,35) aB
NPK	39,57 (±1,45) nsA	36,1 (±2,24) nsA	45,3 (±2,36) abA	132,0 (±7,40) bB
NPK+cal	38,98 (±1,48) nsA	37,8 (±1,01) nsA	39,8 (±1,33) abA	135,4 (±4,47) bB
NPK+cal+org	38,78 (±0,40) nsA	37,1 (±1,67) nsA	38,9 (±2,22) bA	136,8 (±7,11) bB

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos e períodos avaliados, respectivamente (Tukey, $p < 0,05$)

FONTE: a autora (2013)

Segundo Furtini Neto *et al.* (2005), o suprimento adequado de fósforo para espécies de rápido crescimento, como as pioneiras e secundárias iniciais, pode ser obtido com a utilização de fosfatos solúveis na cova de plantio. Este procedimento resulta em crescimento inicial vigoroso, com rápida cobertura de área, protegendo o solo e criando condições propícias ao estabelecimento das espécies dos grupos sucessionais subsequentes.

No tratamento com adubação completa, os indivíduos de aroeira apresentaram aos 12 meses 136,8 cm de altura, enquanto a testemunha apresentou 78,66 cm (FIGURA 15). Estes dados demonstram que o procedimento da adubação foi responsável pelo crescimento significativo em altura da espécie.

De acordo com Furtini Neto *et al.* (1999), a aroeira foi classificada como uma espécie altamente sensível a acidez do solo e a calagem proporcionou crescimento de diâmetro do caule, incremento em matéria seca e em altura. Para Scabora *et al.* (2011) a aroeira apresentou correlação significativa com o teor de cálcio e soma de bases, indicando a alta demanda da espécie por nutrientes.

Ao comparar o crescimento da aroeira na testemunha, foi observado que os valores obtidos foram inferiores aos encontrados por Nunes (2010), que obteve altura de 104 cm, aos 12 meses, em solo degradado de pastagem, e superiores aos dados de Chiamolera *et al.* (2011), que obtiveram altura de 43,3 cm para as plantas de aroeira plantadas em área de capoeira com o mesmo período após plantio.

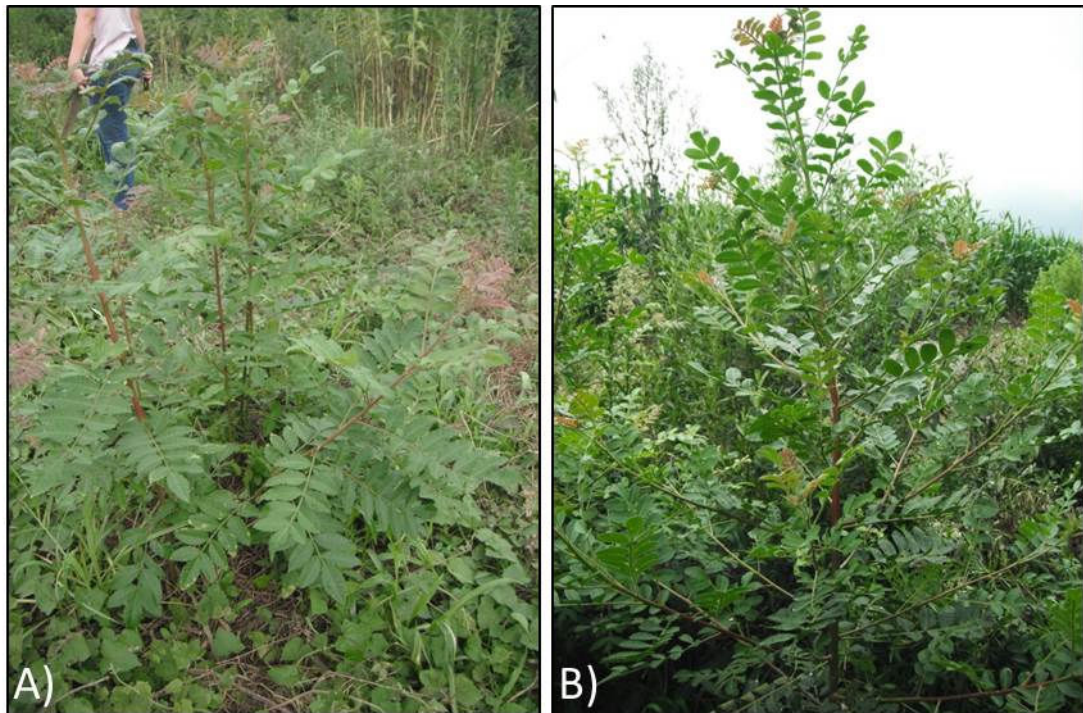


FIGURA 15 – CRESCIMENTO DA AROEIRA: A) TESTEMUNHA B) TRATAMENTO COM NPK+CALCÁRIO+ORGÂNICA
Fonte: a autora (2012)

Os tratamentos com sucessões de espécies de cobertura, assim como os tratamentos com a adubação orgânica e a calagem não apresentaram crescimento em altura estatisticamente superior à testemunha.

Em campo, foi possível observar que as plantas que receberam adubação mineral estavam mais bem nutridas, com folhas mais vigorosas, apesar da competição ter sido expressiva.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho são iniciais, considerando que o estabelecimento da vegetação arbórea e melhoria das características do solo necessitam de maior tempo para ocorrerem.

A aveia-preta, em relação às demais espécies de cobertura de solo produz maior biomassa em condições de solo degradado.

A calagem superficial aumenta o pH e saturação por bases e reduz a saturação por alumínio. A adubação de reposição nas linhas de plantio aumenta o teor de fósforo e potássio. Ambos os procedimentos não alteram o carbono orgânico.

A calagem e adubação mineral favorecem a população de bactérias e actinomicetos, carbono da biomassa microbiana e qCO_2 , já a população de bactérias esporulantes e fungos e a respiração basal do solo são pouco influenciadas.

A população de bactérias e fungos, o carbono da biomassa microbiana e respiração microbiana apresentam correlações com a fertilidade do solo.

A adubação, calagem e o uso da sucessão ervilhaca/feijão guandu favorecem estabelecimento dos microorganismos do solo.

A adubação mineral e orgânica, calagem e uso de plantas de cobertura não alteram a densidade e porosidade do solo.

A bracatinga e aroeira apresentam maior crescimento inicial em altura e diâmetro médio quando é aplicado adubo mineral e calcário, especialmente quando os insumos são aplicados simultaneamente à adubação orgânica.

A sobrevivência e o crescimento inicial da bracatinga e da aroeira são satisfatórios em condições de solos degradados.

Adubação mineral melhora a nutrição das árvores, a cobertura do solo e a intensidade da vegetação espontânea, e facilita o início do processo de sucessão vegetal.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO H.F (Ed). **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p. 15-25.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol.27, n.4, p. 601-612, 2003.

ALVES, M.C.; SUZUKI, L.G.A.S.; SUZUKI, L.E.A.S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p. 617-625, 2007.

ALVES, T. L .B.; AZEVEDO, P.V. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.9, n.1, p. 13-23, 2013.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M.F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma Terra Roxa Estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 609-620, 2000.

ANGELO, A. C . **Vegetação ciliar**. Trabalhador em florestamento. Essências florestais nativas. Curitiba: Senar, 2007. 117 p.

ARAGAO, D. V.; CARVALHO, C. J. R.; KATO, O. R.; ARAÚJO, C. M.; SANTOS, M. T. P.; MOURÃO JÚNIOR, M. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Revista Acta Amazonica**, Manaus, v.42, n.1, p. 11-18, 2012.

ARAKI, D.F. **Avaliação da semeadura a lanço de espécies florestais nativas para a recuperação de áreas degradadas**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2005.

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; INOUE, T. T.; COSTA, A. C. S. Efeitos da Escarificação nas Qualidades Físicas de um Latossolo Distroférico após Treze anos de Semeadura Direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 495-504, 2004.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Exportação de nutrientes na exploração de bracatingais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 34, p. 3-15, 1997.

BARDDAL, M. L. **A influência da saturação hídrica na distribuição de 8 espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista aluvial do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

BARRELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p.187-208.

BARROTI, G.; NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n.10, p. 2043-2050, 2000.

BECHARA, F. C.; CAMPOS FILHO, E. M.; BARRETTO, K. D.; ANTUNES, A. Z.; REIS, A. Nucleação de diversidade ou cultivo de árvores nativas? Qual paradigma de restauração? In: **ANAIS VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-Americano de Recuperação de Áreas Degradadas**, Curitiba, p. 355-363, 2005.

BECHARA, F.C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 249 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), Curso de Pós-Graduação em Recursos Florestais, ESALQ, Piracicaba, 2006.

BERNARDES, C. M.; SANTOS, M. A. População microbiana como indicadora de interferência de diferentes manejos de solos de Cerrado com cultivo de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 7-16, 2006.

BERTONI, J. E. A.; DICKFELDT, E. P. Plantio de *Myracrodruon urundeuva* Fr.All. (Aroeira) em fase alterada de floresta. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 31-38, 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6.ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; ZUCHI, J.; MARQUES, R. L. L. (Ed.). Indicações técnicas para produção de sementes de plantas recuperadoras de solo para a agricultura familiar. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, p. 44, 2008. Documentos 227.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22, p. 641-649, 1998.

BRAGA, A. J. T.; GRIFFITH, J. J.; PAIVA, H. N., SILVA, F. C.; CORTE, V. B.; MEIRA NETO, J. A. A. Enriquecimento do sistema solo-serapilheira com espécies arbóreas aptas para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p. 1145 - 1154, 2007.

BRAGA, R.R.; SANTOS; J.B.; CURY, J.P.; BYRRO, E.C.M.; CARVALHO; F.P.; SILVA, D.V. Fitossociologia de plantas daninhas em área de integração lavoura-pecuária sob sistemas de plantio e doses de calcário. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. Ribeirão Preto, 2010. p. 855-859 a.

BRAGA, R.R.; SANTOS; J.B.; CURY, J.P.; BYRRO, E.C.M.; SILVEIRA, R.M.; LIMA, A.T. Banco de sementes de plantas daninhas em área de integração lavoura/pecuária em função do sistema de cultivo e de doses de calcário. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**. Ribeirão Preto, 2010. p. 525-529 b.

BRASIL. Lei N.º 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm> Acesso em: 03 de março de 2014.

BRIEDIS, C.; SÁ, J. C. M.; CAIRES, E. F.; NAVARRO, J. F.; INAGAKI, T. M.; A. O. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p. 1007 - 1014, 2012.

BRONDANI, G. E.; SILVA, A. J. C.; ARAUJO, M. A.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; CARPANEZZI, A. A. Phosphorus nutrition in the growth of *Bauhinia forficata* L. seedlings. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 665 - 671, 2008.

BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS, E. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.31, n.2, p. 408 - 415, 2009.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 161-169, 2000.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J, M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. Boletim técnico 106.

CARDOSO, D. J.; DURIGAN, M. E.; SANQUETTA, C. R.; REISSMAN, C. R. Comportamento da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) sob cinco níveis de fósforo. Informe preliminar. **Revista Floresta**, Viçosa, v.15, n.1/2, p.49-65, 1985.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, L. L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.12, p. 621-632, 2008.

CARPANEZZI, A. A. (Coord.). Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná. EMBRAPA-DDT, Brasília, 1986. 89 p. Documentos 17.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná, em solos não degradados**. Embrapa Florestas, Colombo, 2006, 57 p. Documentos 136.

CARPANEZZI, A. A.; LAURENT, J.M. E. **Manual técnico da bracatinga (Mimosa scabrella Benth)**. EMBRAPA-CNPQ, Colombo, 1988, 88 p.

CARVALHO, I.Q.; SILVA, M. J. S.; PISSAIA, A.; PAULETTI, V.; POSSAMAI, J.C. Espécies de cobertura de inverno e nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 179-184, 2007.

CASTRO, C. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. **Plantio direto e adubação verde no cultivo orgânico da berinjela (Solanum melongena L.)**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, 2004. 4 p. Comunicado Técnico 67.

CATTELAN, A. J. **Sistemas de culturas e os microrganismos do solo**. 152p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1989.

CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, n.2, p.125-132, 1990.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. CD. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 29/09/2013.

CAZETTA, D. A.; FILHO, D. F.; GIROTTO, T. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 575-580, 2005.

CHIAMOLERA, L. B.; ÂNGELO A.C.; BOEGER, M. R. Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 765-778, 2011.

CLAUBERG, D. **Adubação N-P-K em Mimosa scabrella (Benth.)**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

COMEC. Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. 2012. Disponível em: <http://www.comec.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=158>. Acesso em 05/12/2013.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado – Manual para revegetação**. Brasília: Universia, 2006. 187p.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.40, n.2, p. 161-168, 2005.

CURCIO, G.R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M.L. Fitotipias em ambiente fluvial do rio Iguaçu e suas relações com os padrões geomórficos e tipos de solos. **Revista Brasileira de Biociências**, 5, 516-518, 2007.

CURCIO, G. R. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia nas planícies fluviais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 488 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DIAS JÚNIOR, H. E.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; SILVA, R. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 631-640, 1998.

DIAS, L. E. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 955-990.

DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H.F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do Oeste Paulista. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 197-239, 1995.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 135-144, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**, Rio de Janeiro, 2. ed., 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Produções de Informações, 2013. 412p.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. Y. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF, Botucatu, 2003. p. 1-26.

- FARIAS, L. N.; SILVA, E. M. B.; SOUZA, W. P.; VILARINHO, M. K. C.; SILVA, T. J. A.; GUIMARÃES, S. L. Características morfológicas e produtivas de feijão guandu anão cultivado em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p. 497-503, 2013.
- FAVARETTO, N.; COGO, N. P.; BERTOL, O. J. Degradação do solo por erosão e compactação. In: LIMA, M. R. (Ed.). **Diagnóstico e Recomendação de Manejo do Solo: Aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. p. 255-292.
- FAVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELLO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na fertilidade do solo e nas características da palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.289-297, 2000.
- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 991-996, 1999.
- FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. S.; SANTOS, M. A.; BORGES, E. N. Atividade respiratória da microbiota e conteúdo de glicose em resposta à adição de fósforo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, 1891-1897, 2008.
- FERREIRA, M.M. Caracterização Física do Solo. In: VAN LIER, Q. J. (Ed). **Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.1-27.
- FINHOLDT, R. S.; ASSIS, A. M.; BISINOTTO, F. F.; AQUINO JÚNIOR, V. M.; SILVA, L. O. Avaliação da biomassa e cobertura do solo de adubos verdes. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 6, p. 11-52, 2009.
- FLORES, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; PAULETTO, E. A. Recuperação da qualidade estrutural, pelo sistema plantio direto, de um Argissolo Vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2164-2172, 2008.
- FORMENTINI, E. A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória: INCAPER, 2008. 27 p.
- FREIXO, A. A.; FADIGAS, F. S.; FREIRE, M. O.; BALDANI, V. L. V. Quantificação de microrganismos em solos sob plantio puro de *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms e em consórcio com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Embrapa**, n.39, 2000. p 1-8. Comunicado técnico:
- FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; SILVA, I. R. Liming effects on growth of native woody species from Brazilian Savannah. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.5, p. 829-837, 1999.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 351-383.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. C. S.; STROHHAECKER, L. HELMICH, J. J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p. 953-957, 2000.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 65-73, 2009.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 8p.

GONÇALVES, J.L.M.; KAGEYAMA, P.Y.; FREIXÊDAS, V.M. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, p. 463-469, 1992.

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; DUCCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 111-163.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo no solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, 2005. p. 1-57.

GRISI, F. G. **Aspectos fisiológicos de aroeira (*Schinus terbinthifolius* Raddi), sob níveis distintos de saturação hídrica em ambiente protegido, e área ciliar em processo de recuperação**. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

IGNÁSIO, E. D.; ATTANÁSIO, C. M.; TONIATO, M. T. Z. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: Microbacia do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. **Instituto Florestal, Série Regional**, n. 31, p.219-223, 2007.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>
Acesso em: 10 de março de 2014.

INSAM, H.; DOMSCH, K.H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, 15, 177-188, 1988.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, FAPESP, 2001. p.27-31

KAGEYAMA, P.Y., GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. Biodiversidade e restauração da Floresta Tropical. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 28-48.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares: Conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: FAPESP, 2001. p.249-269.

KNAPIK, J. G.; ALMEIDA, L. S.; FERRERIA, M. P.; OLIVEIRA, E. B., NOGUEIRA, A. C. Crescimento Inicial de *Mimosa scabrella* Benth., *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Allophylus edulis* (St. Hil.) Radl. Sob Diferentes Regimes de Adubação. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 51 p. 33-34, 2005.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos: São Paulo, 2002.

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n.5, p. 1085-1098, 2007.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/ FAPESP, 2001. p. 33-44.

LISBAO JÚNIOR, L.; STURION, J. A. M.. Efeito do emprego de fertilizantes biológico e minerais no comportamento inicial de *Mimosa scabrella* Benth., quanto a sobrevivência resistência à geada e crescimento em altura. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.4, p.61-73, 1982.

LOPES, E. A.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; FERREIRA, P. A.; AMORA, D. X. Efeito da incorporação da parte aérea seca de mucuna preta e de tomateiro ao solo sobre *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 29, p. 101-104, 2005.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. I.; MELO, W. J. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. **Bragantia**, v. 70, n.1, p. 139-146, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 5.ed, v.1, 2008. 368p.

LUNA, R. G.; COUTINHO, H. D. M.; GRISI, B. M. Evaluation of pasture soil productivity in the semi-arid zone of Brazil by microbial analyses. **Brazilian Journal Of Microbiology**, 3, 409-413, 2008.

MACHADO, M.A.M.; FAVARETTO, R. Atributos físicos do solo relacionados ao manejo e conservação dos solos. In: LIMA, M.R. (Ed.). **Diagnóstico e Recomendações de manejo do solo: Aspectos tecnológicos e metodológicos**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2006. p.233-254.

MARQUES, R. Caracterização química da fertilidade do solo. In: LIMA, M. R. (Ed.). **Diagnóstico e Recomendação de Manejo do Solo: Aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. p. 99-124.

MARTINS, R.M.G.; ROSA JÚNIOR, E.J. Culturas antecessoras influenciando a cultura de milho e os atributos do solo no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, p.225-232, 2005.

MAZUCHOWSKI, J. Z. **Sistema de produção de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) sob técnicas de manejo silvicultural**. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MELO, C. A. D. **Atividade microbiana e interferência de plantas daninhas na cultura do milho em solo com diferentes manejos de fertilidade**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Revista Cerne**, Lavras, v.12, n.3, p.211-220, 2006.

MENDONÇA, A. V. R.; NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Aroeira do Sertão). **Revista Cerne**, v. 5, n.1, p. 65-75, 1999.

MILANEZ JUNIOR, E. S.; SILVA, A. C.; HORAK, I.; PEREIRA, R. C. ; SILVA, E. B.; GRAZZIOTTI, P. H. Cobertura Vegetal, Fertilizantes e Condicionadores de Solo na Estabilização de Taludes. In: **Anais do VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano de Recuperação de Áreas Degradadas**. Curitiba : SOBRADE, 2005. p. 269-277.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; RODRIGUES, C. J.; GERES, W. L. A. DUCATTI, F.; AGUIRRE JÚNIOR, J. H. Produção de mudas de espécies arbóreas

nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n.6, p. 779-789, 2003.

MORAES, P.V.D.; AGOSTINETTO, D.; VIGNOLO, G.K.; SANTOS, L.S.; PANOZZO, L.E. Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Planta daninha**, Viçosa, v. 27, n.2, p. 289-296, 2009.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p. 457-462, 2003.

NAVE, A. G. **Banco de sementes autóctone e alóctone, resgate de plantas e plantio de vegetação nativa na fazenda Intermontes, município de Ribeirão Grande, SP**. 218f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NEVES JÚNIOR, A. F.; SILVA, A. P.; NORONHA, N. C.; CERRI, C. C. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.1, p. 232-241, 2013.

NICOLOSO, F. T.; FORTUNATO, R. P.; FOGAÇA, M. A. F.; ZANCHETTI, F. Calagem e adubação NPKS: Efeito no crescimento de mudas de grápia cultivadas em horizontes A e B de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1596-1603, 2008.

NUERNBERG, N.J.; VIDOR, C.; STAMMEL, J.G. Efeito de sucessões e tipos de adubação na densidade populacional e atividade microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.197-203, 1984.

NÓBREGA, R. S. A; VILAS BOAS, R. C.; NÓBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. Utilização de biofertilizante no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*/Raddi). **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.2, 2007.

NUNES, C. C. S. **Sobrevivência e crescimento inicial de quatro espécies Lenhosas nativas cultivadas em solos degradados**. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2010.

PACHECO, L.P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1787-1799, 2011.

PASDIORA, A. L. Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil. 2003. 48 f. Dissertação

(Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

PENTEADO, S. R. **Adubos Verdes e produção de biomassa - Melhoria e recuperação dos solos**. Campinas: Livros Via orgânica, 2010. 172 p.

PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; MOREIRA, V. F.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; POLIDORO, J. C.; ESPÍNDOLA, J. A. A. **Desempenho agrônômico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4 p. Comunicado Técnico 82.

PEREIRA, F. C. M.; YAMAUTI, M. S.; ALVES, P. L. C. A. Interação entre manejo de plantas daninhas e adubação de cobertura no crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.5, p. 941-950, 2012.

PEREIRA, G. A. M.; LEMOS, V. T.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; SILVA, D. V.; OLIVEIRA, M. C.; MENEZES, C. W. G. Crescimento da mandioca e plantas daninhas em resposta à adubação fosfatada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.5, p. 716-722, 2012.

PEREIRA, J. C.; NEVES, M. C. P.; GAVA, C. A. T. Efeito do cultivo da soja na dinâmica da população bacteriana, em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.6, p. 1183-1190, 2000.

PORTAS, A. A.; VECHI, V. A. Aveia Preta- Boa para a Agricultura, boa para a Pecuária. Disponível em:
<http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/cereais/AVEIA_PRETA.pdf>
Acesso em: 02/10/2011.

POZZOBON, M.; CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; GALVÃO, F.; ZIMMER, E. Restauração de planícies do rio Itajaí-Açú, SC: sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas por tipo de solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 171-189, 2010.

PRUSKI, F. F. Prejuízos decorrentes da erosão hídrica e tolerância de perdas de solo. In.: PRUSKI, F. F. (Ed.) Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: Editora UFV, 2011. p.13-23.

RACHWAL, M.F.G.; CURCIO, G. R.; SOUZA, B. D. **Recuperação de floresta ciliar no Rio Cascavel, município de Campo do Tenente-PR, em Cambissolo húmico – 3.º ano de observação**. Embrapa, n. 90, 2000. 5 p. Pesquisa em andamento

RAIJ, B. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto de Potassa, 1981. 142 p.

REGENSBURGER, B.; COMIN, J. J.; AUMOND, J. J. Integração de técnicas de solo, plantas e animais para recuperar áreas degradadas. **Ciência Rural**, v. 38, n.6, p. 1773-1776, 2008.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Qualidade física dos solos**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 30 p. Apostila Didática.

REIS, A., KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Ed.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008, p.91-108.

RENNER, R. M.; BITTENCOURT, S. M.; OLIVEIRA, E. B.; RADOMSKI, M. I. **Comportamento de espécies florestais plantadas pelo Programa Mata Ciliar, no Estado do Paraná**. Embrapa Florestas, 2010. Documentos 196.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n.11, p. 2071-2081, 1999.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, 2002.

RODRIGUES, R. R.; SHEPHERD, G. J. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. 2ª ed. São Paulo: Edusp, 2001. p. 101-108.

ROGALSKI, J. M.; BERKENBROCK, I. S.; REIS, A.; REIS, M. S. Sucessão e diversidade como fundamentos básicos na restauração ambiental. In: **Anais do VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano de Recuperação de Áreas Degradadas**. Curitiba: Sobrade, 2005, p. 433-439.

RUFATO, L.; RUFATO, A. R.; KRETZSCHMAR, A. A.; PICOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Coberturas vegetais no desenvolvimento vegetativo de plantas de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n.1, p. 107-109, 2007.

SANTOS, A.C.; SILVA, I.F.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, A.P. & CAVALCANTE, V.R. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 1063-1071, 2001.

SANTOS, P. L.; FERREIRA, R. A.; ARAGÃO, A. G.; AMARAL, L. A.; OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n.2, p. 237-245, 2012.

SANTOS, V.B.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; SILVA, D. G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 10, n. 3, p. 333-338, 2004.

SCABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Associação micorrízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 289-301, 2011.

SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, E. S. G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007.

SILVA, A. H.; PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Desenvolvimento inicial de espécies exóticas e nativas e necessidade de calagem em área degradada do Cerrado no triângulo mineiro (Minas Gerais, Brasil). **Agronomia Colombiana**, 29(2), 287-292, 2011.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO_2). **Embrapa**, Seropédica, 2007. 1-3p. Comunicado técnico.

SILVA FILHO, G.N.; VIDOR, C.R. As práticas de manejo de solo na população microbiana. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p. 291-296, 1984.

SILVA, J. C. P. M.; MOTTA, A. C. V.; PAULETTI, V.; VELOSO, C. M.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, L. F. C. Esterco de gado leiteiro associado à adubação mineral e sua influência na fertilidade de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 453-463, 2010.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURTI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p.1585-1592, 2010.

SILVEIRA, M. L. A. Dissolved organic carbon and bioavailability of N and P as indicators of soil quality. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.5, p. 502-508, 2005.

SKREBSKY, E. C. NICOLOSO, F. T.; MALDANER, J.; RAUBER, R.; CASTRO, G. Y.; JUCOSKI, G. O.; SANTOS, D. R. Caracterização das exigências nutricionais de mudas de *Pfaffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica do nutriente faltante. **Ciência Rural**, v. 38, n.4, p. 989-996, 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**, 10. Ed., Porto Alegre, 2004. 400p.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.1, p. 151-160, 2008.

SOUZA, C. M.; PIRES, F.R. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa: UFV, 2002. 72p (Cadernos Didáticos 96).

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 533-542, 2004.

SPERA, S. T; SANTOS, H. P; TOMM, G. O; KOCHHANN, R. A; AVILA, A; Atributos físicos de um Solo em Sistema de Manejo e de Rotação de Culturas. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.1079-1093, 2009.

SPIASSI, A.; FORTES, A. M. T.; PEREIRA, D. C.; SENEM, J.; TOMAZONI, D. Alelopatia de palhadas de coberturas de inverno sobre o crescimento inicial de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 577-582, 2011

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D. E.; MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J. O inventário da diversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Ed.). **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: Editora Ufla, 2010. p. 23-41.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, M. J. B.; MARQUES, E. L. S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. **Ciência Agrotecnologia**, v.29, n.1, p. 93-99, 2005.

TRES, D. R.; GUIINLE, M. C.; REIS, A.; BASSO, S.; LANGA, R.; RIBAS Jr., U. Uso de técnicas nucleadoras para restauração ecológica de matas ciliares, Rio Negrinho, SC. In: **Anais do VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano de Recuperação de Áreas Degradadas**. Curitiba: Sobrade, 2005. p. 71-79.

TUCCI, C. A. F.; SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; BARROS, J. G. Calagem e adubação para produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 299-307, 2007

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p. 969-977, 2012.

VANDRESEN, J.; NISHIDATE, F. R.; TOREZAN, J. M. D.; ZANGARA, W. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 21, n.4, p. 753-765, 2007.

VÁSQUEZ, S. F. **Comportamento inicial da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em consórcio com milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris*), com e sem aplicação de fertilizantes em solo de campo na Região Metropolitana de Curitiba – Paraná.** 137 f. Tese (Doutorado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1987.

WOJCIK, O.; CARVALHO, A.R.; LASKA, C. Utilização de mucuna preta, feijão guandu e crotalária na recuperação de solos degradados. In: **Anais do Congresso Florestal Paranaense**. Curitiba: Malinovski Florestal, 2012. CD-ROM.

ANEXOS

TABELA A1 - VALORES MÉDIOS DE CÁLCIO, MAGNÉSIO, ALUMÍNIO E CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (CTC), NA PROFUNDIDADE DE 0-10 cm

Tratamento	Ca	Mg	Al	CTC
	cmol _c dm ⁻³			
Veget. Nativa	2,50 (±0,12)	0,74 (±0,04)	1,87 (±0,09)	14,59 (±0,30)
Testemunha	2,60 (±0,23)	0,92 (±0,39)	1,52 (±0,16)	12,83 (±0,22)
Nabo/Crot	2,42 (±0,18)	1,03 (±0,31)	1,56 (±0,10)	13,29 (±0,25)
Ervi/Guandu	2,50 (±0,58)	1,09 (±0,28)	1,45 (±0,17)	12,97 (±0,05)
Aveia/Mucuna	2,64 (±0,06)	0,96 (±0,21)	1,26 (±0,06)	13,66 (±0,60)
Orgânica	2,97 (±0,11)	1,16 (±0,41)	1,01 (±0,07)	13,29 (±0,65)
Calcário	3,45 (±0,05)	1,30 (±1,15)	1,00 (±0,13)	13,78 (±0,79)
NPK	2,91 (±0,30)	1,05 (±0,14)	1,61 (±0,18)	13,52 (±0,50)
NPK+cal	3,64 (±0,10)	1,19 (±0,52)	1,12 (±0,12)	14,33 (±0,15)
NPK+cal+org	3,48 (±0,27)	1,21 (±0,04)	1,04 (±0,21)	13,98 (±0,50)

FONTE: a autora (2013)

TABELA A2 – DENSIDADE DO SOLO, EM g/cm³, SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO

Tratamentos	abr/11	mai/11	nov/11	mai/12	nov/12
Veg. Nativa	0,84 (±0,01) aNS	0,84 (±0,01) aNS	0,84 (±0,01) aNS	0,86 (±0,01) aNS	0,90 (±0,02) aNS
Testemunha	1,23 (±0,03) bNS	1,28 (±0,05) bNS	1,27 (±0,04) bNS	1,12 (±0,02) bNS	1,17 (±0,06) bNS
Nabo/Crot	1,21 (±0,06) bAB	1,29 (±0,05) bAB	1,36 (±0,05) bB	1,21 (±0,02) bAB	1,16 (±0,03) bA
Ervi/Fei	1,18 (±0,05) bA	1,12 (±0,05) bA	1,40 (±0,07) bB	1,17 (±0,01) bA	1,20 (±0,04) bAB
Aveia/Muc	1,28 (±0,06) bNS	1,14 (±0,06) bNS	1,34 (±0,05) bNS	1,15 (±0,02) bNS	1,19 (±0,04) bNS
Orgânica	1,27 (±0,04) bNS	1,13 (±0,08) bNS	1,31 (±0,06) bNS	1,16 (±0,03) bNS	1,25 (±0,08) bNS
Calcário	1,23 (±0,09) bNS	1,25 (±0,05) bNS	1,36 (±0,03) bNS	1,13 (±0,02) bNS	1,17 (±0,05) bNS
NPK	1,21 (±0,06) bNS	1,32 (±0,08) bNS	1,22 (±0,03) bNS	1,16 (±0,01) bNS	1,15 (±0,06) bNS
NPK+cal	1,20 (±0,09) bNS	1,14 (±0,08) bNS	1,21 (±0,04) bNS	1,12 (±0,02) bNS	1,19 (±0,02) bNS
NPK+cal+org	1,19 (±0,04) bNS	1,18 (±0,06) bNS	1,24 (±0,04) bNS	1,18 (±0,02) bNS	1,14 (±0,05) bNS

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tukey, p <0,05)

FONTE: a autora (2013)

TABELA A3 – POROSIDADE TOTAL DO SOLO, EM %, SUBMETIDO A DIFERENTES ADUBAÇÕES E COBERTURAS DE SOLO

Tratamentos	abr/11	mai/11	nov/11	mai/12	nov/12
Veg. Nativa	61,9 (±0,59) bNS	61,7 (±0,60) bNS	60,9 (±0,59) bNS	61,8 (±0,78) bNS	61,3 (±0,55) bNS
Test plant	41,9 (±0,33) aA	48,8 (±1,48) aBC	45,3 (±0,47) aAB	53,4 (±0,93) aCD	54,9 (±2,19) abD
Nabo/Crot	40,9 (±0,34) aA	50,7 (±2,46) aBC	46,3 (±0,85) aAB	50,4 (±0,85) aBC	55,4 (±1,18) abC
Ervi/Fei	41,1 (±0,42) aA	50,0 (±1,61) aBC	46,7 (±0,54) aB	51,6 (±1,32) aBC	53,7 (±1,69) abC
Aveia/Muc	40,9 (±0,46) aA	48,6 (±1,83) aBC	47,2 (±0,97) aB	52,7 (±0,76) aCD	54,1 (±1,66) abD
Orgânica	40,9 (±0,36) aA	49,6 (±1,52) aB	48,1 (±1,19) aAB	51,0 (±1,15) aB	51,7 (±3,07) aB
Calcário	40,7 (±0,26) aA	50,5 (±0,46) aC	46,0 (±0,35) aB	52,7 (±0,92) aC	55,0 (±2,10) abC
NPK	41,3 (±0,29) aA	49,6 (±0,49) aBC	44,6 (±1,20) aAB	52,2 (±0,98) aCD	55,8 (±2,24) abD
NPK+cal	41,6 (±0,23) aA	50,0 (±0,33) aC	46,6 (±0,50) aB	53,6 (±0,48) aD	54,3 (±0,79) abD
NPK+cal+org	41,5 (±0,38) aA	49,0 (±0,36) aBC	45,5 (±1,02) aAB	51,7 (±0,81) aCD	56,2 (±1,96) abD

Médias seguidas por letras diferentes para mesma variável, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, representam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

FONTE: a autora (2013)

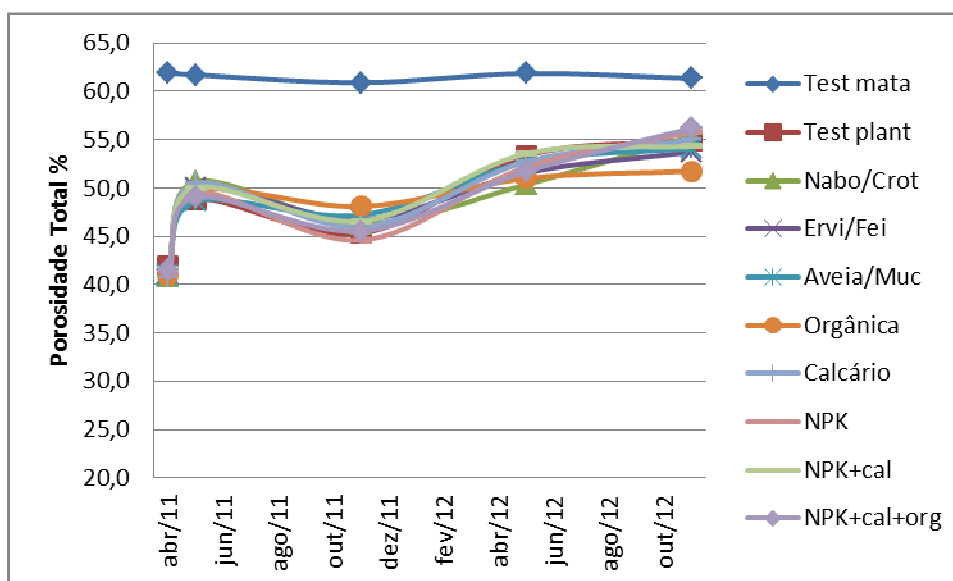


FIGURA A1 – VARIAÇÃO DA POROSIDADE TOTAL (%) ENTRE OS DIFERENTES TRATAMENTOS, NAS QUATRO ÉPOCAS AVALIADAS

FONTE: a autora (2013)



FIGURA A2 – VISTA DO EXPERIMENTO EM DEZEMBRO DE 2012
FONTE: a autora (2012)