

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO –**  
**PPG-ATU**

**CONTRIBUIÇÃO DA CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA**  
**TRANSIÇÃO DE CAFEZAIS PARA SISTEMA AGROFLORESTAL**  
**NO MUNICÍPIO DE APUÍ, AMAZONAS.**

**VINÍCIUS GOZZO DE FIGUEIREDO**

Manaus, Amazonas

Novembro, 2015

**VINÍCIUS GOZZO DE FIGUEIREDO**

**CONTRIBUIÇÃO DA CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA  
TRANSIÇÃO DE CAFEZAIS PARA SISTEMA AGROFLORESTAL  
NO MUNICÍPIO DE APUÍ, AMAZONAS.**

Orientadora: Dra. SONIA SENA ALFAIA

Dissertação de mestrado apresentada  
ao Instituto Nacional de Pesquisas da  
Amazônia como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em  
Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas

Novembro, 2015

## Folha de aprovação

A Banca Julgadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**TÍTULO: "CONTRIBUIÇÃO DA CALAGEM E ADUBAÇÃO  
FOSFATADA NA TRANSIÇÃO DE CAFEZAIS PARA  
SISTEMA AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE APUÍ,  
AMAZONAS"**

**AUTOR:**

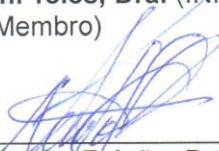
**VINÍCIUS GOZZO DE FIGUEIREDO**

**BANCA JULGADORA:**



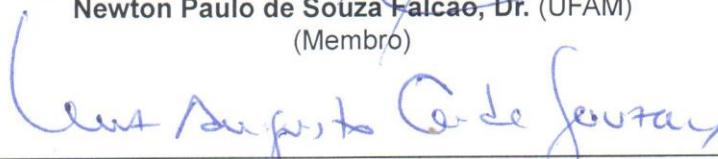
---

**Beatriz Ronchi Teles, Dra. (INPA)**  
(Membro)



---

**Newton Paulo de Souza Falcão, Dr. (UFAM)**  
(Membro)



---

**Luiz Augusto Gomes de Souza, Dr. (INPA)**  
(Membro)

Manaus, 23 de novembro de 2015.

F475c Figueiredo, Vinícius Gozzo de  
Contribuição da calagem e adubação fosfatada na transição de  
cafezais para sistema agroflorestal no município de Apuí, Amazonas  
/ Vinícius Gozzo de Figueiredo. --- Manaus: [s.n.], 2016.  
31 f. : il., color.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2016.  
Orientador: Sonia Sena Alfaia  
Área de concentração: Agricultura no Trópico Úmido.

1. Calagem – solos tropicais 2. Adubação fosfatada. 3. Café  
agroflor. I. Título

CDD 633.73

**Sinopse:**

Foram estudados os efeitos das práticas de calagem e adubação fosfatada em atributos de solos em terra firme no município de Apuí, sul do Amazonas. As práticas foram adotadas por agricultores familiares em cafezais que iniciaram um processo de transição para sistemas agroflorestais.

**Palavras-chave:** Práticas de manejo, Solos tropicais, Café na Amazônia.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo aos meus pais Sônia e Nestor e a minha irmã Débora. Se não fosse por eles esta conquista jamais seria possível. A eles o meu reconhecimento e amor que não cabem no texto. As minhas avós Aline e Lúcia com muito carinho. Aos demais familiares, a família do polo aquático CJ e amigos da terra querida Jundiá. A minha namorada Maristela com muito amor e carinho pela ajuda em todos os sentidos para concluir este trabalho. Ao Idesam e ao Fundo Vale pelo apoio financeiro através do Projeto Café em Agrofloresta. Ao Gabriel pelas contribuições e pela parceria de sempre. Ao Geovani por toda a ajuda no trabalho de campo. Ao prof. Elias de Melo, Pedro Ronca, Marcelo Curitiba, Samuel Fernandes e Benedito Alves pelo aprendizado sobre a cultura do café. Aos produtores João Nilton, João Ramos, Gilberto, Ronaldo, Nildo, José Bernardo, Edson e Francisco Fonseca por participarem desta pesquisa. A toda a equipe do Idesam em Apuí, aos produtores rurais e amigos. Ao sr. Dalcir, Marcelo, Vitão, Van, Angela e Adalberto por me receberem em Apuí no ano de 2012.

Agradeço a Dra. Sonia Alfaia por ter me orientado e pelos ricos aprendizados sobre a Amazônia. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudos fornecida. A Maricel pela ajuda com as análises químicas de solo e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pela bolsa a ela fornecida. Ao Dr. César Ticona pelas valiosas contribuições nesta pesquisa. A todos os amigos do ATU (INPA), ao coordenador Dr. Rogério Hanada e a Valdecira pela atenção de sempre. Ao pessoal da Chacrinha, minha família Manauara: Dani, Eric, Denise, Ana, Vitor, Maria e Marcinha e aos que por lá passaram, Camilo e Aline. Aos esalqueanos que encontrei por todos os cantos e a família GMR Xapadão de onde levo amigos e histórias para a vida toda. Vai Xapadãããooo !! Ao prof. Ademir de Lucas pela amizade e pelo exemplo na extensão rural. Ao grupo GESP onde iniciei o trabalho com agricultura familiar. Aos Drs. Paulo Moruzzi, Silvia Miranda, Daniëlle Montagnac e Eliel González-Garcia, e aos amigos Jonas, Pimpão e Murilo pela experiência única na França que de certa forma influenciou a realização deste mestrado. Ao meu mestre e amigo Bahia pela capoeira e aos demais camaradas pela boa energia dos treinos, rodas e encontros. Aos Pobres Convidados pelos ensaios sem compromisso e muito improvisado. Aos amigos: Diegão, Gu e Pati, Carolle e Marco, Kima, Pri, Mariano, Riva, Garga, Brunão, Angélica, Riba... Carlos, Danilo, Rodolfo, Rosendo, Ana Cláudia, Clara... E a muitos outros que não consegui lembrar, OBRIGADO !!

## CONTRIBUIÇÃO DA CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA TRANSIÇÃO DE CAFEZAIS PARA SISTEMA AGROFLORESTAL NO MUNICÍPIO DE APUÍ, AM.

### RESUMO

A adoção de práticas adequadas para produção em sistemas agroflorestais pode trazer benefícios para a agricultura na região da Amazônia. Em Apuí, no sudeste do Amazonas, um grupo de agricultores familiares iniciou um processo de transição com o cultivo de café para sistemas agroflorestais. Cafezais pouco sombreados foram enriquecidos com espécies arbóreas e algumas práticas de manejo foram estabelecidas. A calagem dos solos e adubação fosfatada foi realizada para reduzir a acidez do solo e para corrigir deficiências na disponibilidade de fósforo para as plantas. Estas características são normalmente encontradas nos Latossolos em terra firme da Amazônia brasileira e dificultam a manutenção da produtividade de culturas perenes. Este estudo avaliou os efeitos das práticas de calagem em três dosagens (0,3; 1; 2,8 t.ha<sup>-1</sup>) e da adubação fosfatada com 50 gramas de superfosfato triplo por cafeeiro. Foram analisados solos de 14 cafezais localizados em 8 estabelecimentos rurais, sendo 8 lavouras com as práticas de manejo e 6 lavouras sem manejo. A adubação fosfatada foi eficiente para aumentar o teor de P disponível no solo em relação às áreas sem manejo quando esteve associada à calagem na dose recomendada (2,5 – 2,8 t. ha<sup>-1</sup>). Este aumento foi de 2,43 mg.kg<sup>-1</sup>, elevando em média o teor de P disponível para 5,74 mg.kg<sup>-1</sup>. Com a calagem na dose recomendada houve aumento mais significativo nos teores de Ca e Mg em relação às dosagens parcial (1 t. ha<sup>-1</sup>) e mínima (0,3 t. ha<sup>-1</sup>). A saturação de bases aumentou de 29% para 54% em média nos cafezais manejados e não houve diferença significativa entre as calagens recomendada e parcial. O pH dos solos aumentou de 4,14 em média para 4,66 nas áreas com manejo, enquanto que considerando apenas a calagem recomendada e parcial este aumento no pH foi para 4,71. A acidez trocável (H+Al) também foi reduzida nos solos com manejo e mostrou diferença significativa apenas entre a calagem recomendada e mínima. A partir de 1 t.ha<sup>-1</sup> a calagem contribuiu para melhorar os atributos dos solos relacionados com a acidez e a saturação de bases.

## **LIME AND PHOSPHATE FERTILIZER CONTRIBUTIONS ON THE CONVERSION OF COFFEE PLANTATIONS TO AGROFORESTRY SYSTEM**

### **ABSTRACT**

The adoption of appropriate practices for production in agroforestry systems can provide benefits for the agriculture in the Amazon region. In Apuí, southeastern of Amazonas state, a group of farmers start up a transition process with the coffee crop for establish agroforestry systems. Slightly shaded coffee plantations were enriched with tree species and some management practices were established. Liming the soil and phosphorus fertilization were applied in order to reduce soil acidity and amend deficiencies in phosphorus availability to plants. These characteristics are commonly found in Latosols on Brazilian Amazon upland areas and it causes difficulties on the maintenance of perennial crops productivity. This study evaluated the effects of liming practices in three dosages (0.3, 1, 2.8 t.ha<sup>-1</sup>) and phosphorus fertilization per coffee plants with 50 grams of triple superphosphate. 14 coffee plantation soils located in 8 farms were analyzed, 8 crops with management practices and 6 crops without management. The phosphorus fertilization was efficient to increase the P available content in relation to areas without management while associated to liming recommended dosage (2.5 to 2.8 t.ha<sup>-1</sup>). This increase was 2.43 mg.kg<sup>-1</sup>, bringing the P content available to 5.74 mg.kg<sup>-1</sup>. The liming at the recommended dosage had the most significant increase in Ca and Mg in relation to the partial (1 t.ha<sup>-1</sup>) and minimum (0.3 t.ha<sup>-1</sup>) dosages. The base saturation increased on average from 29% to 54% in managed coffee plantations and there was no significant difference between the recommended and partial liming. The soil pH increased on average from 4.14 to 4.66 in management areas, while considering only the recommended and partial liming this increasing in pH was 4.71. The exchangeable acidity (H + Al) was also reduced in soils with management and showed a significant difference only between the recommended and minimum liming. From 1 t.ha<sup>-1</sup> liming contributed to improve the soil attributes related to acidity and base saturation.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>2</b>
<b>Características dos solos em terra firme na Amazônia e seu uso para a produção agropecuária</b> .....	<b>2</b>
<b>Sistemas agroflorestais para a produção agrícola na Amazônia brasileira</b> .....	<b>3</b>
<b>O café em sistema agroflorestal</b> .....	<b>5</b>
<b>Importância da calagem e adubação fosfatada para o processo de transição para sistema agroflorestal de cafezais em Apuí</b> .....	<b>7</b>
<b>Referências</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1 - CONTRIBUIÇÃO DA CALAGEM E ADUBAÇÃO FOSFATADA NOS SOLOS DE CAFEZAIS EM TRANSIÇÃO PARA SISTEMA AGROFLORESTAL NO MUNICÍPIO DE APUÍ, AM</b> .....	<b>13</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>14</b>
<b>Material e métodos</b> .....	<b>16</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>21</b>
<b>Discussão</b> .....	<b>26</b>
<b>Conclusões</b> .....	<b>27</b>
<b>Referências</b> .....	<b>28</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	<b>31</b>



**LISTA DE TABELAS****Capítulo I**

<b>Tabela 1.</b> Caracterização das práticas de manejo por tratamento. ....	<b>18</b>
<b>Tabela 2.</b> Características físicas e textura dos solos nos estabelecimentos rurais (ER) selecionados para a pesquisa. ....	<b>18</b>
<b>Tabela 3.</b> Contrastes ortogonais utilizados para análise estatística. ....	<b>22</b>
<b>Tabela 4.</b> Estimativas dos contrastes de interesse para teor de nutrientes do solo. ....	<b>22</b>
<b>Tabela 5.</b> Médias das variáveis analisadas nos solos com e sem as práticas de manejo	<b>23</b>

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

<b>Figura 1.</b> Mapa de localização do município de Apuí, AM. ....	<b>16</b>
<b>Figura 2.</b> Mapa de localização dos estabelecimentos rurais (ER) selecionados para a área de estudo. ....	<b>19</b>
<b>Figura 3.</b> Pontos de coleta de solos dentro das parcelas e subparcelas de café com e sem as práticas de manejo. ....	<b>20</b>
<b>Figura 4.</b> (A) Análise Biplot que mostra a relação do manejo do solo (T), com a falta de manejo (C) com a composição química do solo. (B) Biplot que mostra o efeito médio das práticas de manejo (calagem, adubação fosfatada e adubação verde) no sentido de enriquecer o solo. ....	<b>25</b>

## INTRODUÇÃO

O cultivo de café com a manutenção de árvores para sombreamento é uma prática antiga que foi difundida e bem adaptada nos países da América Latina. Esses sistemas de produção permitem a preservação da floresta nativa e a geração de serviços ambientais (De Melo e Monge, 2008). Melhores condições micro-climáticas e aumento na ciclagem de nutrientes são outras vantagens do sombreamento (Da Mata *et al.*, 2007). Em países como México, Costa Rica e Peru predomina a produção de café em sistemas agroflorestais (Mancuso *et al.*, 2013). O café desses países é mundialmente conhecido pela qualidade diferenciada dos grãos enquanto que, o Brasil é conhecido pela maior produção.

Na última safra a produção nacional foi de 2,6 milhões de toneladas de café (*Coffea* sp.), sendo que mais de 80% foi produzido em cultivos convencionais localizados no sudeste do país segundo Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2016). O cultivo em sistemas agroflorestais está mais presente no norte e nordeste do Brasil, principalmente em estados como Rondônia (Rodrigues *et al.*, 2004) e Bahia (Coelho *et al.*, 2010). No Amazonas a produção é muito baixa e não representa nem 1% da produção nacional. A maior parte desta produção está no sul do Amazonas, aonde a cafeicultura chegou junto com a colonização da região (Carrero e Fearnside, 2011). Os cafezais foram implantados com a prática de corte e queima da floresta e apresentam limitações para manter produtividades atrativas para a agricultura familiar. Apesar de características físicas favoráveis ao uso agrícola, os solos apresentam deficiências nutricionais e elevada acidez (Cravo e Smyth, 1997).

Após a retirada da floresta a ciclagem de nutrientes é interrompida e ocorrem desequilíbrios nutricionais nos solos e plantas. O enriquecimento de cafezais pouco sombreados tem ocorrido em Apuí com o apoio do Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (Idesam). Por meio do Projeto Café em Agrofloresta para o Fortalecimento de uma Economia de Baixo Carbono em Apuí (Projeto Café) produtores iniciaram um processo de transição para sistemas agroflorestais (Figueiredo *et al.*, no prelo). Foram adotadas práticas de manejo de solo como a calagem e adubação fosfatada que tiveram seus efeitos avaliados neste estudo.

A prática de calagem pode melhorar atributos químicos e contribuir para a recuperação da fertilidade dos solos em terra firme na Amazônia (Silva *et al.*, 1998; Ayres e Alfaia, 2007). Além disso, quando associada à adubação fosfatada a calagem pode aumentar a disponibilidade de P solúvel às plantas (Ernani *et al.*, 1996; Falcão e Silva, 2004). Para esta pesquisa foram selecionados oito estabelecimentos rurais considerando áreas com e sem a adoção das práticas de manejo. Para a análise dos dados foram elaborados contrastes ortogonais de interesse para verificar os efeitos isolados e combinados das práticas.

### **OBJETIVO GERAL**

Avaliar práticas de manejo adotadas por produtores familiares do município de Apuí, AM em cafezais no processo de transição para sistemas agroflorestais.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Verificar o efeito da calagem em diferentes dosagens sobre os atributos relacionados à acidez dos solos.

Avaliar a eficiência da adubação fosfatada associada ou não à prática de calagem para aumentar a disponibilidade de P solúvel nos solos.

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **Características dos solos em terra firme na Amazônia e seu uso para a produção agropecuária**

Os solos predominantes em terra firme na Amazônia possuem características físicas favoráveis ao uso agrícola, porém com fortes limitações nutricionais (Cravo e Smyth, 1997; Radambrasil, 1975) como deficiência de macro e micronutrientes, baixa capacidade de troca de cátions e elevada acidez (Sanchez & Cochrane, 1980). Estes solos são predominantemente Latossolos amarelos e Podzólicos vermelho-amarelos, solos altamente intemperizados em virtude das condições de alta temperatura e regime intenso de chuvas nos trópicos (Primavesi, 2002). Por outro lado, são essas mesmas condições de temperatura e umidade que viabilizam a presença da floresta exuberante nesses solos através da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem dos nutrientes (Pinho, 2012; Alvarenga, 1996). As folhas e outras partes das plantas que caem no solo são decompostas e seus nutrientes liberados. Além disso, ocorre também a formação de

partículas carregadas negativamente capazes de reter cátions como o K, Ca e Mg na interface com a solução do solo, onde eles podem ser absorvidos novamente pelas raízes (Pinho *et al.*, 2012).

Quando a floresta é retirada para a introdução de cultivos ou pastagem, a ciclagem de nutrientes, resultante da decomposição da matéria orgânica é interrompida. Geralmente a abertura de áreas para a agropecuária na Amazônia é realizada através do sistema conhecido como corte e queima. Nesse sistema a fertilidade do solo aumenta momentaneamente devido aos efeitos corretivo e fertilizante das cinzas, que permitem que haja boa produção nos três primeiros anos (Cravo e Smyth, 1997; Smyth e Bastos, 1984). A partir de então, a produtividade entra em declínio. Ocorre que a substituição da floresta por cultivos altera o solo nos seus atributos biológicos, físicos e químicos. Foi observado por Longo (1999) que a alteração da cobertura do solo de floresta para pastagem alterou negativamente o teor e agregação da matéria orgânica, a infiltração e o armazenamento de água além dos valores de: densidade do solo, porosidade total, distribuição dos poros e porosidade de aeração.

A fertilidade proveniente da matéria orgânica da floresta desaparece dando lugar às características intrínsecas daquele tipo de solo: deficiência de nutrientes e acidez elevada. Moreira e Fageria (2009), estudando atributos químicos de solo sob cultivo dos 62 municípios do estado do Amazonas, observou nesses solos elevada acidez, médio teor de matéria orgânica, baixos níveis de P, K, Ca e Mg e de saturação de bases e elevados níveis de acidez trocável e Al, além do aumento de alumínio trocável. Essas características dificultam muito o uso destes solos para culturas agrícolas. As áreas são abandonadas e com o passar do tempo os cultivos são substituídos pela vegetação secundária conhecida como “capoeira”. Além de inviabilizar a permanência dos agricultores na terra, a dinâmica de ocupação e uso do solo na Amazônia torna a pecuária e a agricultura as principais responsáveis pelo desmatamento e emissão de gases de efeito estufa (Fearnside, 2006 e 2010).

### **Sistemas agroflorestais para a produção agrícola na Amazônia brasileira**

A experiência agroflorestal na Amazônia brasileira remete a práticas seculares e ao conhecimento acumulado pelas populações tradicionais. Os castanhais dos indígenas, os açazais dos caboclos e os quintais agroflorestais dos ribeirinhos já apresentam há muitos anos os princípios básicos da produção agroflorestal (Dubois, 2009). Foi a partir

da década de 80 que essas práticas tradicionais e outras formas de produção agroflorestal passaram a ser sistematizada por Instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira (Ceplac) (Júnior *et al.*, 2010). Segundo Van Leewen (1997), o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) foi pioneiro iniciando em 1975 na experimentação científica com sistemas agroflorestais.

Frente ao histórico de degradação da Amazônia a produção agroflorestal tem se tornado cada vez mais importante para o pequeno produtor por ser mais sustentável e ambientalmente menos danosa do que a formação de pastagens ou a exploração madeireira (Fearnside, 2009). O uso de sistemas agroflorestais é muito amplo e existe uma diversidade de modelos que podem ser classificados com base em critérios estruturais, funcionais, socioeconômicos e ecológicos (Engel, 2003). Nair (1993) considera um sistema agroflorestal como o cultivo intencional ou a manutenção deliberada de árvores com culturas e/ou animais em interação para obtenção de vários produtos ou benefícios a partir do manejo em uma mesma área.

A agricultura itinerante na Amazônia é um exemplo de prática tradicional de SAF sequencial. Estes sistemas consistem na derrubada com aproveitamento da madeira/lenha e queima da mata em pequenas áreas, onde são feitos cultivos anuais seguido de pousio para regeneração até o estágio de capoeira quando o ciclo recomeça (Júnior *et al.*, 2008). O melhoramento dessas capoeiras e sua transformação em agroflorestas mais produtivas e atrativas para o colono é uma estratégia para diminuir a necessidade de expansão de novas áreas agrícolas e contribuem para a permanência do homem no campo (Engel, 2003).

Os quintais agroflorestais para fins de consumo familiar são os SAFs mais comuns na região amazônica. Geralmente apresentam alta diversidade de espécies nativas e frutíferas, plantas medicinais e condimentares (Júnior *et al.*, 2010). O cultivo de árvores nativas combinadas com culturas perenes como o cupuaçu, cacau, pupunha e açaí também são práticas agroflorestais antigas na região dos trópicos (De Almeida e Vasconcellos, 2014). Neste caso, o sistema agroflorestal é classificado como simultâneo, pois apresenta interação direta entre os componentes uma vez que se encontram ao mesmo tempo e área durante toda a sua duração (Nair, 1993). Estes sistemas visam à produção para gerar renda com a comercialização dos produtos.

Algumas iniciativas foram promissoras e hoje são referências para novos modelos de produção e desenvolvimento rural na Amazônia (Yamada e Gholz, 2002). Muito embora os sistemas agroflorestais proporcionem segurança alimentar, renda, estabilidade econômica, e conforto térmico na propriedade rural, seus benefícios são mais frequentemente associados aos seus produtos como frutas, madeira, entre outros (Pinho, 2012).

Para Pinho *et al.* (2012), dentro da gama de benefícios socioeconômicos e ambientais que os sistemas agroflorestais possam gerar, um importante elemento é o efeito positivo das árvores nas propriedades dos solos e consequentes benefícios às culturas. A introdução de árvores nos sistemas agrícolas em solos pobres como os Amazônicos, aproxima a dinâmica do sistema àquela da floresta (Vivian, 1998), com o incremento significativo de matéria orgânica e consequente redução da acidez, aumento da ciclagem de nutrientes e manutenção da fertilidade dos solos (Da Mata, 2007). Em seu trabalho, Jobbagy e Jackson (2001) observaram que as árvores exercem influência significativa na ciclagem vertical de nutrientes. Especialmente no caso de nutrientes mais limitantes como P e K, que se encontram em maiores profundidades, as raízes das árvores conseguem absorvê-los e, através da decomposição da serapilheira oriunda dessas árvores, esses elementos são trazidos à camada superficial do solo e disponibilizados às espécies de cultivo que possuem raízes mais superficiais (Pinho, 2012).

### **O café em sistema agroflorestal**

No norte da América Latina, até a década de setenta a produção de café era predominantemente em sistemas sombreados, altamente diversificados e de baixo impacto ecológico (Jaramillo-Botero *et al.*, 2007). Por ser de origem nos sub-bosques das florestas caducifólias da Etiópia e Sudão (Boulay *et al.*, 2000) o café (*Coffea* sp.) apresenta naturalmente uma boa adaptação ao sombreamento em sistemas agroflorestais (Teketay, 1999). Ricci (2006) contrariando a senso comum de que a arborização do cafezal geralmente causa diminuição na produtividade, observou em seus experimentos que, apesar da redução do diâmetro dos cafeeiros, do número de ramos e de nós por ramos, o sombreamento resultou no aumento da área foliar e do peso dos grãos, permitindo a obtenção de produção semelhante ao cultivo à pleno sol. Além disso, Ricci (2006) verificou que o sombreamento retardou a maturação dos grãos. O atraso na

maturação dos grãos permite a maximização do acúmulo de açúcares responsáveis pela qualidade da bebida, ao contrário do cultivo a pleno sol onde o amadurecimento é acelerado pelo excesso da radiação solar e temperatura.

A partir dos anos setenta inovações tecnológicas, visando somente o aumento da produtividade, resultaram na eliminação do sombreamento de muitos cafezais e na maior dependência de insumos químicos (Balsan, 2006; Hespanhol, 2008). Mas, em países como México, Costa Rica, Colômbia, Venezuela, Panamá e Peru a produção de café em sistemas agroflorestais prevaleceu e tem sido um recurso utilizado para aumentar a diversidade vegetal e a renda do produtor (Mancuso *et al.*, 2013; Beer, 1997; Escalante, 1997; Bertrand & Rapidel, 1999).

No Brasil a história da cafeicultura está relacionada ao processo de colonização e foi marcada pela derrubada indiscriminada de florestas primárias e por plantios de café sem a utilização de quaisquer métodos de conservação dos solos (Matiello, 1991). O desenvolvimento de cultivares melhoradas e os plantios à pleno sol em alta densidade fizeram do Brasil o maior produtor mundial de café. Em 2015 a produção total foi de 2,6 milhões de toneladas de café e 84% da produção localizada na região sudeste onde predominam os cafezais à pleno sol (IBGE, 2016). O cultivo em sistemas agroflorestais está mais presente nas regiões norte e nordeste, porém a produção não é representativa em escala nacional. No nordeste a produção agroflorestal já foi bem maior, mas os pacotes tecnológicos provocaram a decadência da cultura (Severino e Oliveira, 1999). Na região norte predomina o cultivo de café robusta (*Coffea canephora*) devido principalmente à baixa altitude e temperaturas elevadas. A produção de café na região está concentrada em Rondônia com 96% do total produzido que representa 3% da produção nacional (IBGE, 2016). No Amazonas, em especial, a produção de café está concentrada no município de Apuí.

O cafezal no sistema de cultivo à pleno sol possui um elevado grau de produtividade, no entanto exige maiores teores de nutrientes da planta (Camargo, 1985; Fahl e Carelli, 1994), o que acarreta na dependência cada vez maior do cafeicultor em relação a fertilizantes e agrotóxicos. A arborização do cafezal pode diminuir a dependência de insumos, pois contribui no aporte de nutrientes no solo através da ciclagem de nutrientes proporcionados pela queda de folhas e galhos e aumenta a presença de inimigos naturais de pragas do cafeeiro. Além disso, a presença das árvores



favorece a existência de maior biodiversidade que possibilita a autorregulação dos sistemas (Dubois, 2004) e proporciona condições desfavoráveis ao estabelecimento de pragas e doenças (Guharay *et al.*, 2001), como por exemplo, a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), a antracnose (*Colletotrichum* spp.) (Boulay *et al.*, 2000) e o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*), que preferem ambientes ensolarados e mais secos (Haggart *et al.*, 2001). Nesse sentido, o cultivo de café em sistemas agroflorestais representa uma estratégia de sobrevivência aos pequenos produtores, uma vez que a diversificação do sistema com a produção de madeira, frutas e outros subprodutos reduz o risco de renda da propriedade e torna possível a produção de café de base familiar (Campanha *et al.*, 2004).

### **Importância da calagem e adubação fosfatada para o processo de transição para sistema agroflorestal de cafezais em Apuí**

A cafeicultura chegou à região de Apuí junto com os colonos que vieram do sul e sudeste do Brasil (Carrero e Fearnside, 2011). Essa colonização foi intensificada a partir da criação do Projeto de Assentamento Rio Juma no ano de 1982 pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). A falta de alternativas para modelos com menor dependência de insumos químicos limitou durante anos o desenvolvimento da cafeicultura local.

O histórico de uso da terra em Apuí e o processo de corte e queima da floresta nativa resultou em deficiências nutricionais e elevada acidez dos solos que limitaram o sucesso da cafeicultura no município. A não utilização de adubos e corretivos acarreta um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores da Amazônia que é a baixa produtividade obtida a partir do segundo cultivo após a queima da vegetação florestal (Cravo e Smyth, 1997). Neste contexto, um grupo de agricultores familiares iniciou, em 2012, um processo de transição com o cultivo de café para sistemas agroflorestais. Cafezais pouco sombreados foram enriquecidos com espécies arbóreas e algumas práticas de manejo como a calagem e adubação fosfatada foram estabelecidas (Figueiredo, 2015).

Entre os processos enumerados por Malavolta (1993) que explicam a acidez dos solos, os principais na Amazônia são: a lixiviação de bases ao longo dos anos (Ca, Mg e, em menor grau, K), que são substituídas por íons  $H^+$  e, principalmente, íons  $Al^{+3}$ , os quais, em parte, passam para a solução do solo; a troca de cátions da solução do solo

( $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$ , principalmente) por íons  $H^+$ , durante a absorção radicular. A calagem é uma das práticas de manejo que mais aumentam o potencial produtivo das culturas na região, pois realiza a neutralização do  $Al^{+3}$  e a elevação dos teores de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  que são essenciais para o cultivo e produção (Silva *et al.*, 1998). Além disso, a elevação do pH do solo aumenta a disponibilidade de fósforo (P) (Ernani *et al.*, 1996). O fósforo (P) é um nutriente determinante no crescimento das plantas devido à sua importância no metabolismo do carbono, bem como na formação de açúcares fosfatados (Grant *et al.*, 2001).

Em razão de sua elevada acidez, os latossolos são conhecidos como grandes “fixadores” de fósforo (Ker, 1996), devido a sua rápida adsorção nas superfícies coloidais e a formação de precipitados como fosfatos de cálcio, magnésio, ferro ou de alumínio (van Raij *et al.*, 2001). Por isso, em regiões onde predominam esse tipo de solo o P é considerado o elemento mais limitante ao crescimento das culturas, seguido pelo N e pelo K (Cravo e Smyth, 1997). Sanchez e Salinas (1981) estimaram que 96% dos solos na região amazônica são deficientes em P, com o teor total desse elemento geralmente inferior a  $200 \text{ mg.dm}^{-3}$ , e desse total entre 60-80% está fixado na matéria orgânica e indisponível às plantas. O teor de P no solo é ainda mais limitante quando o histórico de uso envolve lavouras perenes com pouco ou nenhum tipo de manejo de solo. É o caso dos cafezais em transição para sistemas agroflorestais em Apuí.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga, M.I.N. 1996. *Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas*. 1996. Tese de Doutorado em Fitotecnia/ Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. 211p.
- Ayres, M.I.C.; Alfaia, S.S. 2007. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, 42(7): 957-963.
- Balsan, R. 2006. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. *Campo-território: revista de geografia agrária*, 1(2).
- Beer, J. 1997. Café bajo sombra en América Central ¿Hace falta más investigación sobre este sistema agroflorestral exitoso? *Agroforestería en las Américas*, 4: 8-13.
- Bertrand, B.; Rapidel, B. 1999. *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. San José, Costa Rica: Promecafe; Paris: Cirad, 496p.

- Boulay, M.; Somarriba, E.; Olivier, A. 2000. Calidad de *Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 7: 40-42.
- Camargo, A.P. 1985. Clima e cafeicultura no Brasil. *Informe Agropecuario*, Belo horizonte, 11(126): 13-26.
- Campanha, M.M. et al. 2004. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and mono-culture systems in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems*, 63(1): 75-82.
- Carrero, G.C.; Fearnside, P.M. 2011. Forest clearing dynamics and the expansion of landholdings in Apuí, a deforestation hotspot on Brazil's Transamazon Highway. *Ecology and Society*, 16(2).
- Coelho, R.A. et al. 2010. Nível de sombreamento, umidade do solo e morfologia do cafeeiro em sistemas agroflorestais. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, 57(1): 95-102.
- Cravo, M.S.; Smyth, T. J. 1997. Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazônia Central sob cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21: 607-616.
- Damatta, F.M. et al. 2007. Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4): 485-510.
- De Almeida, L.S.; Gama, J.V. 2014. Quintais agroflorestais: estrutura, composição florística e aspectos socioambientais em área de assentamento rural na Amazônia brasileira. *Ciência Florestal*, 24(4): 1041-1053.
- De Melo, E.V.F.; Monge, S.A. 2008. Cafetales para servicios ecosistémicos, con énfasis en el potencial de sumideros de carbono: el caso de cooperativas cafetaleras afiliadas a COOCAFE. *CATIE-FUNCAFOR-COOCAFE-OIKOCREDIT*, Costa Rica.
- Dubois, J.C.L. 2009. Sistemas agroflorestais na Amazônia: avaliação dos principais avanços e dificuldades em uma trajetória de duas décadas: Informação Tecnológica. *Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação*. Brasília: EMBRAPA, p. 171-217.
- Dubois, J.C.L. 2004. *Biodiversificação de SAFs*. Rebraf. Disponível em: <http://www.rebraf.org.br>. Acesso em: 24 ago. 2015.
- Engel, V.L. 2003. Sistemas Agroflorestais: Conceitos e Aplicações. Anais. In: Seminário – Sistema Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, 2003, Campo Grande.
- Ernani, P.R. et al. 1996. Decréscimo da retenção de fósforo no solo pelo aumento do pH. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20(1): 159-162.
- Escalante, E. 1997. Café y agroforestería en Venezuela. *Agroforestería en las Américas*, 4: 21-24.

Fahl, J.I.; Carelli, M. L. C. Influência do sombreamento nas características fisiológicas envolvidas no crescimento de espécies de *Coffea*. 1996. In: Simpósio Internacional Sobre Café Adensado, 1994, Londrina. Anais. Londrina: IAPAR, 289-290.

Falcão, N.P.S.; Silva, J. R. A. 2004. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 34(3): 337-342.

Fearnside, P.M. 2010. Consequências do desmatamento da Amazônia. *Scientific American Brasil Especial Biodiversidade*, 54-59.

Fearnside, P.M. 2009. Degradação dos recursos naturais na Amazônia Brasileira: implicações para o uso de sistemas agroflorestais. Porro, R. *Alternativa Agroflorestal na Amazônia e Transformação*. Brasília: Embrapa, 161-170.

Fearnside, P.M. 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*, 36(3): 395-400.

Figueiredo, V.G. de. et al. Café em agrofloresta para o fortalecimento da economia de baixo carbono em Apuí, Amazonas - Brasil. 2015. In: IX Congresso Brasileiro De Agroecologia: Diversidade E Soberania Na Construção Do Bem Viver, 2015, Belém, Pará. Resumos expandidos (no prelo).

Figueiredo, V.G. de. et al. 2015. *Guia para produção de café sustentável na Amazônia: experiência de Apuí (AM)*. Imaflora e Idesam, Piracicaba, SP, 33p. Disponível em: <<http://www.idesam.org.br/publicacao/guia-cafe-sustentavel-amazonia.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2015.

Grant, C.A. et al. 2001. *A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta*. Piracicaba: ESALQ.

Haggar, J.; Schibli, C.; Staver, C. 2001. ¿Cómo manejar árboles de sombra en cafetales? *Agroforestería en las Américas*, 8: 42- 45.

Hespanhol, A. N. 2008. Modernização da agricultura e desenvolvimento territorial. *Encontro De Grupos De Pesquisa*, 4.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. ([http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default\\_public\\_mpleta.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default_public_mpleta.shtm)). Acesso em 16/02/2016.

Jaramillo-Botero, C.; Martinez, H.E.P.; Santos, R.H.S. 2007. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. *Coffee Science*, 1(2): 94-102.

Jobbagy, E.G.; Jackson, R.B. 2001. The distribution of soil nutrients with depth: global patterns and the imprint of plants. *Biogeochemistry*, 53(1): 51–77.

- Júnior, N.N.P.; Murrieta, R.S.S.; Adams, C. 2008. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas*, 3(2): 153-174.
- Júnior, S.B. et al. 2010. Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira: análise de 25 anos de pesquisas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, (60): 67.
- Ker, J.C. et al. 2015. Adsorção de fósforo em alguns solos latossólicos: relação entre mineralogia e efeito da calagem. *Ceres*, 43(246).
- Longo, R.M. 1999. *Modificações em parâmetros físicos e químicos de Latossolos argilosos decorrentes da substituição da floresta amazônica e do cerrado por pastagem*. Tese de Doutorado/ Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, São Paulo. 100p.
- Malavolta, E. 1993. *Nutrição mineral e adubação do cafeeiro, colheitas máximas econômicas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 210 p.
- Mancuso, M.A.C.; Soratto, R. P.; Perdoná, M. J. 2013. Produção De Café Sombreado. In: *Colloquium Agrariae*. 31-44.
- Matiello, J.B. 1991. *O café: do cultivo ao consumo*. São Paulo: Globo, 320p.
- Moreira, A.; Fageria, N.K. 2009. Soil chemical attributes of Amazonas state, Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(17-18): 2912-2925.
- Nair, P.K.R. 1993. *An introduction to agroforestry*. Springer Science & Business Media.
- Pinho, R.C.; Miller, R.P.; Alfaia, S.S. 2012. Agroforestry and the improvement of soil fertility: a view from Amazonia. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012.
- Primavesi, A. 2002. *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. NBL Editora.
- Radambrasil, Projeto. 1978. Folha no. SB 20 Purus: geologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Raij, B. van et al. 2001 *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 285.
- Rodrigues, V.G.S. et al. 2004. Arborização de lavouras de café na Amazônia Ocidental. In: Sylvana Naomi Matsumoto (org.). *Arborização de cafezais no Brasil*. Vitória da Conquista, Edições Uesb, 1:21-38.
- Sánchez, P.A.; Cochrane, T.T. 1980. Soil constraints in relation to major farming systems in tropical America. *Soil related constrain to food production in the tropics*. Los Baños, Filipinas, 107-139.

- Sánchez, P.A.; Salinas, J.G. 1980. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. *Advances in agronomy*, 34.
- Severino, L.S.; De Oliveira, T.S. 2015. Sistema de cultivo sombreado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na região de Baturité, Ceará. *Revista Ceres*, 46(268).
- Silva, A.A. et al. 1998. Efeitos de relações  $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$  na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22: 451-457.
- Smyth, T.J.; Bastos, J.B. 1984. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 8: 127-132.
- Teketay, D. 1999. History, botany and ecological requirements of coffee. *Walia*, 20: 28-50.
- Van Leeuwen, J. et al. 1997. Sistemas agroflorestais para a Amazônia: importância e pesquisas realizadas. *Duas décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido*. INPA, Manaus, 131-146.
- Vivan; J.L. 1998. Agricultura e Florestas: Princípios de uma Integração Vital. *Agropecuária*, Guaíba, Brasil.
- Yamada, M.; Gholz, H.L. 2002. An evaluation of agroforestry systems as a rural development option for the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems*, 55(2): 81-87.

**Capítulo 1**

---

Figueiredo, V. G.; Alfaia, S. S.; Ticona-Benavente, C. A. 2015. Contribuição da calagem e adubação fosfatada nos solos de cafezais em transição para sistema agroflorestal no município de Apuí, AM. Manuscrito formatado para *Acta Amazônica*

## **Contribuição da calagem e adubação fosfatada nos solos de cafezais em transição para sistema agroflorestal no município de Apuí, AM.**

Vinícius Gozzo de Figueiredo<sup>\*1,2</sup>, Sonia Sena Alfaia<sup>2</sup>, Cesar Augusto Ticona-Benavente<sup>2</sup>

### **Resumo**

Em Apuí, no sudeste do Amazonas, um grupo de agricultores familiares iniciou um processo de transição com o cultivo de café para sistema agroflorestal. Cafezais pouco sombreados foram enriquecidos com espécies arbóreas e algumas práticas de manejo foram estabelecidas. A calagem dos solos e adubação fosfatada foi realizada para reduzir a acidez e para corrigir deficiências na disponibilidade de fósforo para as plantas. Foram estudadas 8 áreas de cafezais e comparadas com outras 6 áreas onde não houve manejo. Os resultados mostraram que a adubação fosfatada foi eficiente para aumentar o teor de P disponível no solo em relação às áreas sem manejo quando esteve associada à calagem na dose recomendada. A aplicação de mais de 2,5 t. ha<sup>-1</sup> de calcário foi significativa para aumentar os teores de Ca e Mg em relação às dosagens parcial (1 t. ha<sup>-1</sup>) e mínima (0,3 t. ha<sup>-1</sup>). A saturação de bases aumentou de 29% para 54% em média nos cafezais manejados e não houve diferença significativa entre as calagens recomendada e parcial para esta variável. O pH dos solos aumentou de 4,14 em média para 4,66 nas áreas com manejo, enquanto que considerando apenas a calagem recomendada e parcial este aumento no pH foi para 4,71. A acidez trocável (H+Al) também foi reduzida nos solos com manejo e mostrou diferença significativa entre a calagem recomendada e mínima.

**Palavras-chave:** calagem de solos tropicais, adubação fosfatada e café agroflorestal.

### **INTRODUÇÃO**

O uso de sistemas agroflorestais (SAFs) para a produção de café tem apresentado resultados favoráveis para a fertilidade dos solos, qualidade dos grãos e outros benefícios em muitos países da América Latina (Jaramillo-Botero *et al.*, 2006). Na Amazônia brasileira os SAFs também representam uma alternativa para a agricultura

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, 69067-375 Manaus-AM.

<sup>2</sup> Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas – IDESAM, Rua Barão de Solimões, 12, Flores, 69058-250, Manaus-AM.



familiar, além de aumentar a fertilidade dos solos (Pinho *et al.*, 2012). Nesta região o cultivo de espécies de interesse junto com árvores na mesma área aumenta a quantidade de biomassa e a liteira sobre o solo, promovendo maior ciclagem e disponibilidade de nutrientes (Luizão *et al.*, 2009).

Com o corte e queima da vegetação primária este processo de ciclagem de nutrientes é interrompido. Sem a recuperação da biodiversidade a agricultura torna-se pouco produtiva (Júnior *et al.*, 2008). Esse processo tem ocorrido com os cafezais de Apuí, onde devido à redução da produtividade muitas áreas foram abandonadas ou substituídas por pastagens (Carrero e Fearnside, 2011). Períodos de baixo valor de compra da produção também desmotivaram muitos agricultores na manutenção dos cafezais. A acidez elevada nos solos de terra firme do Amazonas é mais um fator que dificulta a produção agrícola (Moreira e Fageria, 2009). A prática da calagem pode contribuir nestes casos para a manutenção de algumas culturas (Ayres e Alfaia, 2007). Segundo Falcão e Silva (2004), quando associada à adubação fosfatada a calagem também reduz a adsorção de fósforo no solo aumentando assim a disponibilidade deste nutriente para as plantas.

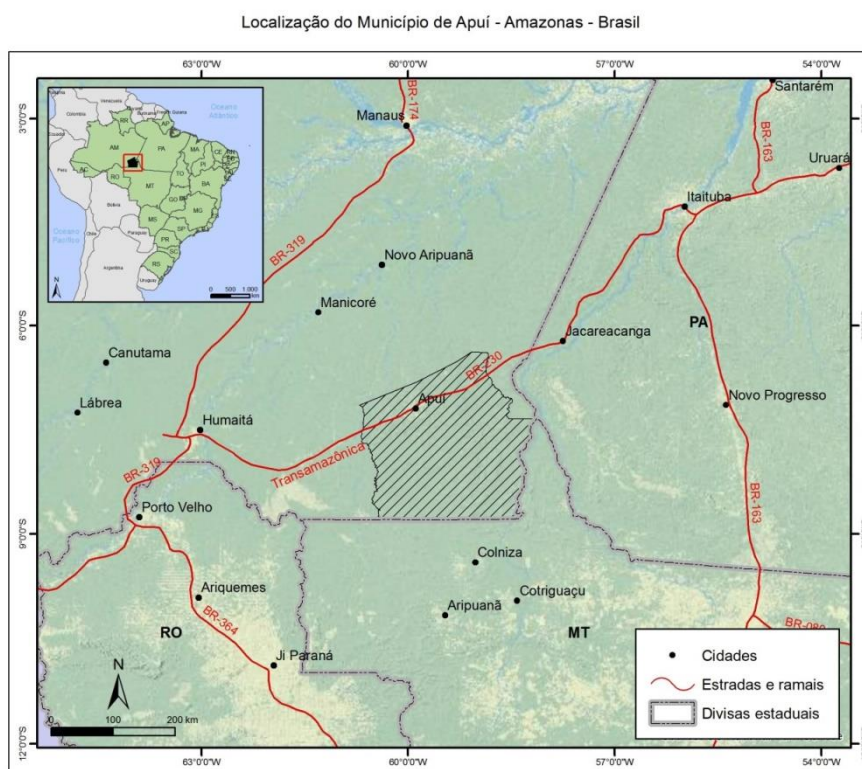
Em Apuí, a calagem e adubação fosfatada foram realizadas em cafezais que iniciaram um processo de transição para sistemas agroflorestais. Lavouras pouco sombreadas foram enriquecidas com espécies arbóreas e algumas práticas de manejo foram estabelecidas para a recuperação das lavouras. O município chegou a produzir 4,5 mil toneladas de grãos beneficiados numa área total de 3,8 mil hectares (IBGE, 2006). Porém, o alto custo de insumos e a falta de conhecimento sobre tecnologias alternativas de produção levaram ao abandono ou a substituição dos cafezais por pastagens (Carrero e Fearnside, 2009). Ainda assim o município representa a maior produção de café no Amazonas com 1,2 mil toneladas de grãos de café (*Coffea canephora*) produzidos em 1,1 mil hectares (IBGE, 2013).

Práticas de manejo de solos em cafezais que iniciaram no processo de transição para sistemas agroflorestais podem contribuir para a manutenção da cafeicultura na região de Apuí. A aplicação de calcário e adubação corretiva de P tiveram seus efeitos avaliados nos solos de cafezais manejados pela agricultura familiar.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local

A pesquisa foi realizada no município de Apuí (coordenadas 07° 11' 50" S e 59° 53' 29" O), região sudeste do Amazonas que apresenta limites com Pará, a leste, e com Mato Grosso ao sul do Estado (Figura 1). A rodovia Transamazônica (BR – 230) destaca-se como principal via de acesso e escoamento de produtos agrícolas. Ao longo desta rodovia, são 400 km até Humaitá (AM), a oeste e 290 km até Jacareacanga (PA), ao leste. Os rios Acari, Aripuanã, Juma, Sucunduri e Juruena compõem a rede hídrica, sendo navegáveis apenas durante a época de cheia dos rios. Somente através de Novo Aripuanã (AM) é possível o acesso a Manaus via fluvial (Rio Madeira).



**Figura 1.** Mapa de localização do município de Apuí, AM.

A área total do município é de 54.481 km<sup>2</sup> sendo que 63% são Unidades de Conservação e pertencentes à União. Estas áreas estão localizadas no sudeste do município e formam o Mosaico de Unidades de Conservação do Apuí (Carrero *et al.*, 2013). Cerca de 30% da área total do município é ocupada por Projetos de Assentamento da Reforma Agrária, entre eles o Projeto de Assentamento Rio Juma

(PARJ), o qual engloba a maior parte das famílias assentadas na região (Cenamo *et al.*, 2011). O PARJ possui 6.014 famílias assentadas numa área total de 689 mil hectares com florestas remanescentes (INCRA, 2015). Segundo o IBGE, em 2010, a população estimada em Apuí era de 20.258 habitantes com cerca de 60% da população localizada na área urbana e 40% na área rural.

O clima é classificado como Tropical de Monções, apresentando média de precipitação anual entre 2500 a 2800 mm e temperatura média anual de 26°C (Alvares *et al.*, 2013). A altitude média é de 135 metros acima do nível do mar com relevo plano a moderadamente ondulado (Radambrasil, 1978). Os solos na região são na maioria Latossolos (Oxisols) e Argissolos (Ultisols) de terra firme, com predominância de elevada acidez e alta toxidez de  $Al^{3+}$  (Moreira e Fageria, 2009). Também são encontradas na região algumas manchas de “terra preta de índio” destinadas para a agricultura (Santos *et al.*, 2012).

### **Seleção e características dos cafezais**

Primeiramente foram definidos oito estabelecimentos da agricultura familiar que estão avançados no processo de transição agroflorestal com o cultivo de café (*Coffea canephora*). Os produtores estão localizados em duas comunidades (Figura 2) e foram apoiados pelo Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (Idesam) através do projeto Café em Agrofloresta para o Fortalecimento da Economia de Baixo Carbono em Apuí (Projeto Café). Este projeto contou com o fornecimento de insumos, mudas de espécies arbóreas e material de campo para estruturar a produção em um hectare destes estabelecimentos rurais. Além disso, os produtores também receberam assessoria técnica e capacitações com bases na agroecologia. Para a realização das práticas avaliadas neste estudo foram fornecidos 2,8 toneladas de calcário dolomítico (93% de PRNT) e 70 kg de superfosfato triplo.

Em seis estabelecimentos rurais selecionados para o estudo também foram avaliados cafezais considerados como “sem manejo”. Nessas áreas ocorre pouco investimento em insumos e mão-de-obra. Basicamente é realizado apenas o controle de gramíneas com herbicidas para possibilitar a colheita e depois as áreas são abandonadas novamente. Portanto, árvores de regeneração natural estão presentes tanto nos cafezais sem manejo como nos cafezais em transição agroflorestal, considerados como “com manejo”. As parcelas foram delimitadas em 2.250 m<sup>2</sup> e compostas por 15 linhas de café

no espaçamento de 3 por 2 metros ao longo de 50 metros de comprimento. Apesar de ter ocorrido variação na dose do adubo fosfatado por hectare, as parcelas foram localizadas onde houve aplicação de 50 gramas de superfosfato triplo por cafeeiro. A calagem foi realizada em área total e também houve variação na dosagem utilizada (Tabela 1). A aplicação dos insumos fornecidos foi de responsabilidade dos produtores. Os solos nas áreas com cultivo de café foram classificados quanto à estrutura física e à textura (Tabela 2).

**Tabela 1.** Caracterização das práticas de manejo por tratamento.

Com manejo	Calagem		Adubo fosfatado	
	t ha <sup>-1</sup>	data de aplicação	kg ha <sup>-1</sup>	data de aplicação
<b>T1</b>	2.8	nov/13	69	abr/13
<b>T2</b>	2.8	jan e nov/13	50	nov/13
<b>T3</b>	1.0	jan/13	69	mar/13
<b>T4</b>	2.5	mar/13; mar/14	50	abr/13
<b>T5</b>	2.8	fev/14	65	fev/14
<b>T6</b>	0.3	jan/13	-	-
<b>T7</b>	2.8	jan/13; mar/14	-	-
<b>T8</b>	2.6	jan e mar/13	-	-
<b>Sem manejo (C) (n=6)<sup>(1)</sup></b>	-	-	-	-

<sup>(1)</sup> Nestas áreas não houve práticas de manejo para a manutenção da fertilidade do solo.

**Tabela 2.** Características físicas e textura dos solos nos estabelecimentos rurais (ER) selecionados para a pesquisa.

Granulometria (%)	ER1	ER2	ER3	ER4	ER5	ER6	ER7	ER8
<b>Areia Total</b>	17	27	4	17	6	14	9	7
<b>Argila</b>	46	36	96	66	94	74	87	93
<b>Silte</b>	37	38	0	17	0	12	5	0
<b>Textura<sup>(1)</sup></b>	Argilosa	Argilosa	Muito Argilosa	Muito Argilosa	Muito Argilosa	Muito Argilosa	Muito Argilosa	Muito Argilosa

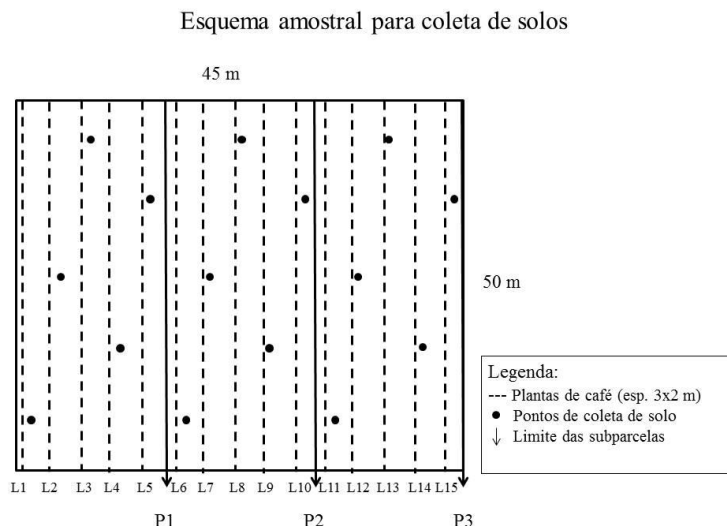
<sup>(1)</sup> Fonte: Embrapa (2006)



**Figura 2.** Mapa de localização dos estabelecimentos rurais (ER) selecionados para a área de estudo.

### Amostragem e análises químicas do solo

Para a amostragem do solo as parcelas foram subdivididas em três áreas de 750 m<sup>2</sup> compostas por cinco linhas de café. Em cada subparcela foram coletadas cinco amostras de solos, logo estas foram misturadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta, totalizando três amostras por parcela. A localização dos pontos de coleta seguiu um padrão preestabelecido (Figura 3). A coleta dos solos foi realizada em agosto de 2014 com o auxílio de um trado, na profundidade de 0 a 20 cm e na projeção das copas dos cafeeiros.



**Figura 3.** Pontos de coleta de solos dentro das parcelas e subparcelas de café com e sem as práticas de manejo.

As amostras de solos foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se assim, a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi usada na determinação das análises químicas no Laboratório Temático de Solo e Planta do INPA. Os teores de pH, P, K, Ca, Mg, acidez trocável (H+Al) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu), foram determinados de acordo com os métodos descritos pela EMBRAPA (2011). Os cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) e micronutrientes foram determinados por um espectrofotômetro de absorção atômica e o P foi determinado por espectrofotometria utilizando o molibdato de amônio. O C orgânico foi determinado pelo auto-analizador de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio de marca Carlo Erba.

### Análise Estatística

O delineamento adotado foi completamente casualizado com 14 tratamentos (8 áreas com manejo e 6 áreas sem manejo). Cada subparcela amostrada foi considerada como uma repetição, sendo 3 repetições por parcela. Visto que a distribuição das áreas amostradas não segue nenhum padrão, foi utilizado o programa SAS 9.0, procedimento GLM para a análise dos resultados. Foram criados 6 contrastes ortogonais de interesse para testar o efeito das práticas de manejo (Tabela 3). Estes contrastes testam se a diferença entre duas médias (estimativa) é significativa, baseado no quadrado médio do erro do modelo. De forma complementar foi realizada uma análise Biplot, que se baseia

na análise de componentes principais, para observar a relação entre os parâmetros químicos, os manejos e a interação entre ambos (Oliveira et al., 2015).

## RESULTADOS

### **Práticas de manejo e dinâmica dos nutrientes no solo**

Os contrastes ortogonais permitem realizar testes entre duas médias utilizando o teste t. Sendo que para cada contraste é estimado um erro padrão da média e cada média pode ser também uma média de um grupo de médias (Tabela 4).

O contraste c1 mostra que de forma geral as áreas com alguma prática de manejo apresentaram maiores valores de pH, teores no solo de cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn) e maior porcentagem de saturação de bases (V%). Houve também redução significativa na acidez trocável (H+Al) e no teor de ferro (Fe). O contraste c2 mostra que nas áreas com calagem na dose recomendada aumentou também o teor de matéria orgânica no solo (MOS), potássio (K), zinco (Zn) e diminuiu o teor de cobre (Cu).

A aplicação parcial do calcário testada pelo contraste c3, resultou em valores significativamente inferiores em relação à dose recomendada para as bases K, Ca e Mg e para o teor de Cu no solo (c3). Porém, não houve diferença para a acidez trocável, pH, valor de V% e teores de Zn e Mn no solo. Com a calagem recomendada houve maior redução do teor de Fe em relação à dose parcial. Diferentemente, o teor de P no solo foi superior sendo que a adubação fosfatada foi realizada em ambas as áreas (c3).

A calagem na dose recomendada também mostrou diferença significativa em relação a calagem mínima. O contraste c4 mostra que com maior aplicação de calcário os valores foram significativamente superiores para o teor de K, Ca, Mg e Cu. A saturação de bases também foi superior em relação à calagem mínima e houve redução significativa na acidez trocável (H+Al) e no teor de Fe. O contraste c5 mostra que a adubação fosfatada sem calagem não foi suficiente para elevar o teor de P no solo. Este efeito foi verificado no contraste c6 e c3 quando a prática foi associada à calagem recomendada e houve aumento significativo no teor de P.

**Tabela 3.** Contrastes ortogonais utilizados para análise estatística.

Contrastes	Contrastes Estimados	Descrição
c1	$(T1+T2+T3+T4+T5+T6+T7+T8)/8$ VS $(C1+C2+C3+C5+C6+C7)/6$	Com manejo VS Sem manejo
c2	$(T7+T8)/2$ VS $(C1+C2+C3+C5+C6+C7)/6$	Calagem recomendada VS Sem manejo
c3	T1 VS T3	Calagem recomendada VS Calagem parcial
c4	$(T7+T8)/2$ VS T6	Calagem recomendada VS Calagem mínima
c5	$(T1+T2+T4+T5)/4$ VS $(T7+T8)/2$	Adubação fosfatada VS Sem adubação fosfatada
c6	$(T1+T2+T4+T5)/4$ VS $(C1+C2+C3+C5+C6+C7)/6$	Calagem recomendada + adubação fosfatada VS Sem manejo

**Tabela 4.** Estimativas dos contrastes de interesse para teor de nutrientes do solo.

Contrastes	pH	M.O. g.kg <sup>-1</sup>	P mg.kg <sup>-1</sup>	K cmolc kg <sup>-1</sup>	Ca cmolc kg <sup>-1</sup>	Mg cmolc kg <sup>-1</sup>
c1	0,522 ***	2,036 ns	1,095 ns	0,017 ns	0,319 ***	0,293 ***
c2	0,443 ***	5,947 **	-0,005 ns	0,084 ***	0,326 **	0,404 ***
c3	0,116 ns	-4,573 ns	6,683 **	0,056 *	0,430 *	0,340 *
c4	0,222 ns	0,672 ns	0,370 ns	0,057 *	0,398 *	0,452 *
c5	0,194 *	-6,432 **	2,440 ns	-0,096 ***	0,116 ns	-0,063 ns
c6	0,637 ***	-0,485 ns	2,435 *	-0,011 ns	0,442 ***	0,341 ***

Contrastes	H+Al cmolc kg <sup>-1</sup>	V %	Fe mg.kg <sup>-1</sup>	Zn mg.kg <sup>-1</sup>	Mn mg.kg <sup>-1</sup>	Cu mg.kg <sup>-1</sup>
c1	-0,775 ***	25,463 ***	-0,209 **	0,304 ns	7,201 *	-0,057 ns
c2	-0,967 ***	29,408 **	-0,345 **	0,617 *	20,905 ***	-0,128 *
c3	-0,201 ns	12,832 ns	-0,689 ***	-0,008 ns	-0,283 ns	0,267 **
c4	-1,958 ***	39,079 ***	-0,422 **	0,550 ns	9,667 ns	0,417 ***
c5	-0,126 ns	4,070 ns	-0,004 ns	-0,392 ns	-20,050 **	0,250 ***
c6	-1,092 ***	33,478 ***	-0,349 **	0,225 ns	0,856 ns	0,122 **

\*\*\*, \*\*, \*, ns: significativo a 0,01; 1 e 5 % e não significativo, respectivamente.

### Análise descritiva dos atributos do solo

As médias obtidas para macro e micronutrientes, pH, acidez trocável (H+Al) e saturação de bases (V%) foram analisadas pelo teste t e calculadas as médias gerais (Tabela 5). Para o cálculo da média geral foi considerado como áreas manejadas aquelas onde houve a realização de pelo menos uma das práticas recomendadas.



**Tabela 5.** Médias das variáveis analisadas nos solos com e sem as práticas de manejo. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste t a 5% de significância.

Parcelas	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	V	Fe	Zn	Mn	Cu
Com manejo		g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----				%	----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
T1	4,78 ab	28,15 ef	9,39 a	0,18 bcd	0,94 ab	0,93 a	1,57 cde	57 bc	182 def	1,17 bc	23,33 cde	1,43 b
T2	4,76 ab	31,29 bcdef	3,96 b	0,10 gh	0,58 bcd	0,62 abc	1,13 de	52 bc	202 cde	1,27 bc	13,30 e	0,53 f
T3	4,66 bc	32,72 abcde	2,71 b	0,13 efgh	0,51 cde	0,59 abc	1,27 de	49 bc	247 b	1,53 abc	24,00 cde	0,90 e
T4	5,03 a	30,21 def	4,27 b	0,12 efgh	1,08 a	0,74 ab	0,01 f	99 a	95 g	1,40 abc	33,30 bcd	1,40 b
T5	4,54 bcd	35,05 abcd	5,34 ab	0,11 efgh	0,43 cde	0,54 bcd	1,55 cde	39 bcd	232 bc	2,27 a	24,93 cde	1,30 bc
T6	4,36 cde	36,94 abc	2,93 b	0,17 cde	0,24 de	0,32 cde	3,15 a	19 ef	22 bcd	1,37 abc	34,10 bc	0,50 f
T7	4,59 bcd	37,56 ab	3,37 b	0,23 ab	0,61 bcd	0,79 ab	1,32 cde	55 bc	181 def	2,07 ab	42,37 ab	0,97 e
T8	4,58 bcd	37,65 ab	3,23 b	0,22 abc	0,67 bc	0,75 ab	1,07 e	61 b	175 ef	1,77 abc	45,17 ab	0,87 e
Média	4,66	33,70	4,40	0,16	0,63	0,66	1,38	54	167	1,61	30,06	0,99
<b>Sem manejo<sup>(1)</sup></b>												
C1	4,31 def	30,93 cdef	5,77 ab	0,11 efgh	0,56 bcd	0,65 abc	1,98 bc	40 bcd	153 f	1,70 abc	51,23 a	2,10 a
C2	4,53 bcd	25,01 f	3,62 b	0,08 h	0,38 cde	0,49 bcd	1,18 de	45 bc	204 cde	1,07 c	11,10 e	0,60 f
C3	4,01 fg	33,89 abcde	2,53 b	0,14 defg	0,13 e	0,20 de	1,80 bcd	22 def	215 bcde	0,87 c	8,03 e	1,00 de
C5	3,89 g	38,10 a	2,25 b	0,10 fgh	0,12 e	0,15 e	2,40 b	13 f	323 a	1,63 abc	16,17 de	0,93 e
C6	3,94 g	31,82 abcde	2,22 b	0,15 def	0,21 de	0,31 cde	3,62 a	15 f	202 cde	1,23 bc	18,50 cde	0,47 f
C7	4,17 efg	30,21 def	3,45 b	0,24 a	0,48 cde	0,39 cde	1,97 bc	39 cde	177 ef	1,30 bc	32,13 bcd	1,17 cd
Média	4,14	31,66	3,31	0,14	0,31	0,37	2,16	29	212	1,30	22,86	1,05
CV (%)	3,86	10,31	67,11	19,48	41,98	33,86	20,89	25,81	10,53	35,87	33,64	10,67

<sup>(1)</sup> Nos estabelecimentos rurais com os tratamentos 4 e 8 não foram analisados cafezais sem manejo.

Os resultados mostraram menor acidez e maior disponibilidade de nutrientes nos solos de Apuí em relação a valores médios para os solos de terra firme no Amazonas (Moreira e Fageria, 2009). Matiello *et al.* (2010) propuseram níveis nutricionais específicos para o cafeeiro cultivado em solos brasileiros variando entre pobre, baixo a médio, adequado e alto. As médias obtidas nas áreas com e sem manejo de solo foram consideradas em nível pobre para pH ( $< 5$ ), P ( $< 10 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Ca ( $< 2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e Zn ( $< 2 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

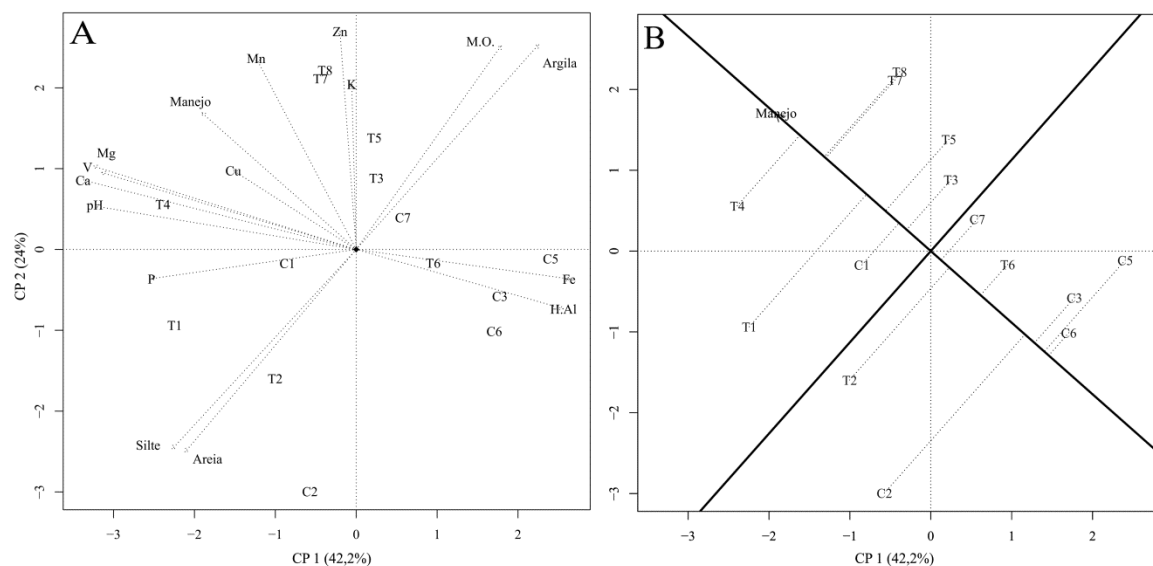
As médias nas áreas com as práticas de manejo foram consideradas em nível médio para o teor de K ( $0,15 - 0,30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e de Mg ( $0,5 - 1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), enquanto que nas áreas sem manejo os valores foram no menor nível nutricional. Os valores médios de Mn ( $10 - 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e Cu ( $0,5 - 1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ), nas áreas com e sem a adoção das práticas, também estiveram em nível médio de fertilidade (Matiello *et al.*, 2010). A saturação de bases foi adequada ( $50 - 60\%$ ) com o uso das práticas de manejo e os teores de matéria orgânica e Fe nos solos foram considerados altos (Matiello *et al.*, 2010).

No tratamento 1 as práticas de calagem recomendada e adubação fosfatada melhoraram significativamente o pH, teor de K e reduziram os teores de Mn e Cu no solo em relação ao controle 1. No estabelecimento rural 2 não houve variação significativa dos atributos do solo nas áreas com e sem manejo. No tratamento 3 com calagem parcial e adubo fosfatado, houve aumento significativo do pH, teor de Mg no solo e valor de saturação de bases. A calagem parcial também foi eficiente para reduzir a acidez trocável em relação ao controle 3.

O tratamento 5 aumentou o valor de V% e teores de Mg e Cu no solo. Além disso, houve uma redução na acidez trocável e no teor de Fe no solo em comparação ao controle 5. A calagem mínima no tratamento 6 foi significativa apenas para aumentar o valor de pH. No tratamento 7 houve aumento significativo do teor de matéria orgânica e Mg no solo, e o teor de Cu foi reduzido com a prática de calagem na dose recomendada.

### **Análise Biplot**

Esta análise permite observar a relação entre as características químicas do solo, entre o tipo de manejo e a interação solo-manejo. A variação explicada pelo Biplot foi de 68% (Figura 6). Portanto, a maior parte da variação pode ser observada no gráfico.



**Figura 4.** (A) Análise Biplot que mostra a relação do manejo do solo (T), com a falta de manejo (C) com a composição química do solo. (B) Biplot que mostra o efeito médio das práticas de manejo (calagem, adubação fosfatada e adubação verde) no sentido de enriquecer o solo.

O biplot mostrou que, de maneira geral, a calagem e adubação fosfatada aumentaram o pH, P, K, Ca, Zn, Mg, Mn, Cu, V% e diminuíram os teores de Fe e H+Al. Os vetores relativos aos teores de areia, silte, argila e matéria orgânica formaram ângulos com tendência a 90 graus com o vetor manejo, indicando que o manejo não interfere no teor desses elementos (Figura 4A). A figura 4B mostra o agrupamento dos tratamentos T e C em função do vetor manejo. Os tratamentos T se encontraram associados à norma do vetor manejo, mostrando que a calagem e adubação fosfatada tiveram efeito no aumento da fertilidade do solo. Por sua parte os tratamentos sem manejo, identificados com a letra C, foram encontrados no extremo oposto do vetor manejo indicando que a falta das práticas está associada a baixos teores de nutrientes no solo.

Por outro lado, apesar de encontrarem-se os tratamentos C1, T2 e T6 fora do seu grupo, eles se localizaram perto da origem dos vetores, o que indica que tiveram comportamento intermediário a todas as observações, não tendo forte influencia no efeito do manejo. Os tratamentos T4, T7 e T8 se relacionaram firmemente com o vetor manejo, mostrando que nestes locais os resultados do manejo foram mais notáveis. As áreas sem manejo C2, C3, C5 e C6, localizadas no extremo oposto ao vetor manejo indicam o efeito negativo da falta de manejo.

## DISCUSSÃO

A análise dos contrastes ortogonais mostrou que as práticas de manejo tiveram efeitos significativos para reduzir a acidez do solo (contraste c1, Tabela 4). O manejo também aumentou o valor de saturação de bases (V%) que pode ter ocorrido em função da adição dos cátions pela calagem, alterando a soma de bases trocáveis (Ca, Mg e K) e liberando íons  $H^+$  e  $Al^{3+}$  dos colóides. O  $H^+$  ligado aos oxi-hidróxidos é considerado não trocável, mas ao neutralizar a acidez pelo efeito da calagem, ocorre a liberação das cargas negativas e o  $Ca^{3+}$  e outros cátions passa a ocupar o seu lugar (Matiello et al., 2010). Esses resultados seguem a mesma tendência de outros trabalhos desenvolvidos na Amazônia brasileira (Silva et al., 2004; Ayres e Alfaia, 2007; Vilela et al., 2010) os quais que verificaram melhoria na fertilidade de solos com a prática da calagem.

A calagem recomendada ( $2,8 \text{ t.ha}^{-1}$ ) se diferenciou da parcial ( $1 \text{ t.ha}^{-1}$ ) apresentando valores superiores para os teores de P, K, Ca e Mg no solo (contraste c2). Porém, foram iguais quanto ao pH, acidez trocável e V% (contraste c3). Através da calagem mínima ( $0,3 \text{ t.ha}^{-1}$ ) foi possível elevar apenas o valor de pH mostrando pouca eficiência para a baixa dosagem utilizada (contraste c6). A calagem com calcário dolomítico na dose recomendada e parcial promoveu o aporte significativo de cálcio e magnésio. Esses nutrientes são importantes na formação de clorofila, na absorção de fósforo, além de possuir importante papel para a reprodução celular, formação de raízes e estruturação geral da planta (Carvalho et al., 2010).

A prática da calagem foi relacionada com a redução no teor de Fe e Cu no solo, e com o aumento no teor de Mn (contrastos c1 e c2). Porém, apesar da redução o Fe apresentou elevada concentração no solo. Este micronutriente é o mais acumulado pelo café robusta, representando 74% do total aos 72 meses de idade, seguido pelo manganês com um percentual de 16% do total (Bragança et al., 2015). Segundo Carvalho et al. (2010), ambos os nutrientes possuem papel importante na fotossíntese, biossíntese de clorofila, enzimas e proteínas (Matiello et al., 2010).

Com o aumento do pH ocorre maior formação de óxidos de Fe, Zn, Mn e Cu, que se tornam indisponíveis as plantas, porém, os óxidos de Mn apresentam maior solubilidade e são facilmente extraídos em solução ácida (Nascimento et al., 2002). Esta solubilidade dos óxidos de Mn pode explicar o aumento verificado no teor do nutriente com a prática da calagem, pois os micronutrientes foram extraídos em solução ácida.

Pegorato et al. (2006), encontraram que a disponibilidade dos micronutrientes catiônicos diminui com a elevação do pH pelo uso de corretivos de acidez. Na região da Amazônia Central, Alfaia e Muraoka (1997) observaram deficiências de Cu e Mn sob efeito da calagem num Latossolo Amarelo, as quais foram atenuadas com a diminuição do efeito residual, após o terceiro e quarto ano de cultivo. No contraste c3 houve aumento significativo no teor de Cu, mas a menor concentração de argila pode ter influenciado o resultado. A disponibilidade de Cu é negativamente relacionada ao pH e teores de argila, ocorrendo maior adsorção do micronutriente (Alleoni et al., 2005).

A adubação fosfatada aumentou significativamente o teor de P no solo quando associada a calagem recomendada (contrastos c3 e c6). Com a correção da acidez ocorre menor adsorção de P nos colóides do solo e por isso, maior disponibilidade para as plantas. Falcão e Silva (2004) e Souza *et al.* (2006) também constataram maior quantidade de P disponível nos solos em relação ao aumento do valor de saturação de bases e diminuição no teor de alumínio trocável. Portanto, a calagem contribui para maior disponibilidade de P no solo e para a eficiência da adubação fosfatada.

## CONCLUSÕES

A adubação fosfatada foi eficiente para aumentar o teor de P disponível no solo em relação às áreas sem manejo quando esteve associada à calagem na dose recomendada (2,5 – 2,8 t. ha<sup>-1</sup>). Este aumento foi de 2,43 mg.kg<sup>-1</sup>, elevando em média o teor de P disponível para 5,74 mg.kg<sup>-1</sup>. Com a calagem na dose recomendada houve aumento mais significativo nos teores de Ca e Mg em relação às dosagens parcial (1 t. ha<sup>-1</sup>) e mínima (0,3 t. ha<sup>-1</sup>). A saturação de bases aumentou de 29% para 54% em média nos cafezais manejados e não houve diferença significativa entre as calagens recomendada e parcial. O pH dos solos aumentou de 4,14 em média para 4,66 nas áreas com manejo, enquanto que considerando apenas a calagem recomendada e parcial este aumento no pH foi para 4,71. A acidez trocável (H+Al) também foi reduzida nos solos com manejo e mostrou diferença significativa apenas entre a calagem recomendada e mínima. Portanto, a partir de 1 t.ha<sup>-1</sup> a calagem contribuiu para melhorar os atributos dos solos relacionados com a acidez e a saturação de bases.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaia, S. S.; Muraoka, T. 1997. Efeito residual da calagem e micronutrientes em Latossolo Amarelo sob rotação de culturas. *Acta Amazonica*, Manaus, 27(3): 153-162.
- Alleoni, L. R. F.; Iglesias, C. S. M.; Mello, S. C.; Camargo, O. A.; Casagrande, J. C.; Lavorenti, N. A. 2008. Atributos do solo relacionados à adsorção de cádmio e cobre em solos tropicais. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 27(4), 729-737.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; de Moraes, G.; Leonardo, J.; Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- Ayres, M. I. C.; Alfaia, S. S. 2007. Calagem e adubação potássica na produção do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais da Amazônia Ocidental. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, 42(7): 957-963.
- Bragança, S. M.; Martinez, H. E. P.; Leite, H. G.; Santos, L. P.; Sedyama, C. S.; Lani, J. A. 2015. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro conilon. *Revista Ceres*, 54(314): 398-404.
- Carrero, G. C.; Fearnside, P. M. 2011. Forest clearing dynamics and the expansion of landholdings in Apuí, a deforestation hotspot on Brazil's Transamazon Highway. *Ecology and Society*, v. 16, n. 2, p. 26.
- Carrero, G. C.; Nogueira O. L. M.; Barros, H. H. D.; Cenamo, M. C.; Soares, P. G.; Pavan, M. N. 2013. *Análise de Mudança de Uso da Terra e Estrutura de Governança Ambiental nos Municípios do Profloram*. IDESAM, Manaus-AM, 88p.
- Carvalho, J. G.; Guimarães, R. J.; Bastos, A. R. R.; Baliza, D. P.; Gontijo, R. A. N. 2010. Sintomas de desordens nutricionais em cafeeiro. In: Guimarães, R.J.; Mendes, A.N.G.; Baliza, D.P. (Ed.) *Semiologia do Cafeeiro: Sintomas de desordens nutricionais, fitossanitária e fisiológicas*. Universidade Federal de Lavras, Lavras, p.30-66.
- Cenamo, M. C.; Carrero, G. C.; Soares, P. G. 2011. *Estudo de oportunidades para a região sul do Amazonas*. 1a ed. IDESAM, Série: Relatório Técnico, 56p.
- EMBRAPA. 2011. 2ª ed. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p.
- Falcão, N. P. S.; Silva, J. R. A. 2004. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 34(3): 337-342.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. Produção agrícola municipal – lavoura permanente. (<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=130014&idtema=40&search=amazonas|apui|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2006>). Acesso em 16/08/2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Produção agrícola municipal – lavoura permanente. (<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=130014&idtema=136&search=>

[ch=amazonas|apui|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2013](#)). Acesso em 16/08/2015.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2015. Superintendência Regional Amazonas SR 15, Assentamentos - Informações Gerais. ([http://painel.incra.gov.br/sistemas/Painel/ImprimirPainelAssentamentos.php?cod\\_sr=15&Parameters\[Planilha\]=Nao&Parameters\[Box\]=GERAL&Parameters\[Linha\]=2](http://painel.incra.gov.br/sistemas/Painel/ImprimirPainelAssentamentos.php?cod_sr=15&Parameters[Planilha]=Nao&Parameters[Box]=GERAL&Parameters[Linha]=2)). Acesso em 16/08/2015.

Jaramillo-Botero, C.; Martinez, H. E. P.; Santos, R. H. S. 2007. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. *Coffee Science*, v. 1, n. 2, p. 94-102.

Júnior, N. N. P.; Murrieta, R. S. S.; Adams, C. 2008. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas*, v. 3, n. 2, p. 153-174.

Luizão, F. J.; Fearnside, P. M.; Cerri, C. E.; Lehmann, J. 2009. The maintenance of soil fertility in Amazonian managed systems. *Amazonia and Global Change*, 3: 311-336.

Matiello, J. B.; Santinato, R.; Garcia, A.W. R.; Almeida, S. R. A.; Fernandes, D. R. 2010. *Cultura do Café no Brasil: Manual de Recomendações*. Fundação Procafé, Rio de Janeiro e Varginha, 542p.

Moreira, A.; Fageria, N. K. 2009. Soil chemical attributes of Amazonas state, Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40: 2912-2925.

Nascimento, C.; Fontes, R.; Neves, J.; Melício, A. 2002. Dessorção, extração e fracionamento de manganês em Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26, 589-597.

Pegoraro, R. F.; Silva, I. D.; Novais, R. F.; Mendonça, E. D. S.; Gebrim, F. D. O.; Moreira, F. F. 2006. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30, 859-868.

Pinho, R. C.; Miller, R. P.; Alfaia, S. S. 2012. Agroforestry and the improvement of soil fertility: a view from Amazonia. *Applied and environmental soil science*.

Radambrasil, Projeto. 1978. Folha no. SB 20 Purus: geologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Santos, L. A. C.; Campos, M. C. C.; Bergamin, A. C.; Silva, D. M. P.; Júnior, A. F. M.. 2012. Caracterização física de seis sítios de terras pretas arqueológicas na região de Apuí-AM. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6(4): 167-174.

Silva, C. A.; Melo, L. C. A.; Rangel, O. J. P.; Guimarães, P. T. G. 2004. Produtividade do cafeeiro e atributos de fertilidade de latossolo sob influência de adensamento da lavoura e manejo da calagem. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 28(5), 1066-1076.

Souza, R. F.; Faquin, V.; Rogério, P.; Torres, F.; Baliza, D. P.. 2006. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 975-983.

Vilela, L. C.; Santos, A. C.; Barreto, P. M.; Brito, S. S.; Silva, J. E. C.; Oliveira, L. B. T. 2010. Propriedades químicas de Latossolo Vermelho em função da aplicação de gessagem e calagem. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais*, 8(1): 19-27.



## CONCLUSÃO GERAL

O efeito da calagem nos solos de terra firme de Apuí favorece o crescimento e a produção de culturas agrícolas, dentre elas o café em sistema agroflorestal. A elevada acidez característica dos solos estudados foi reduzida com doses acima de 1t de calcário por hectare, porém melhores resultados foram obtidos com doses de 2,5 a 2,8 t ha<sup>-1</sup>. Em doses mais elevadas a calagem mostrou maior fornecimento de Ca e Mg. O aumento da saturação de bases (V%) contribuiu também para reduzir no solo a adsorção do P fornecido via adubo fosfatado. A calagem também se relacionou com o aumento nos teores de K no solo e com a redução do micronutriente Fe. Os solos da região possuem altas concentrações de Fe e mesmo com o efeito da calagem, a quantidade disponível ainda foi considerada alta para o cafeeiro. Os demais micronutrientes apresentaram comportamentos diferentes em resposta a calagem. A dinâmica destes micronutrientes nos solos analisados foi mais relacionada às características físicas e da formação dos solos, do que aos efeitos da calagem. De maneira geral, os resultados de pH, teor de P e Ca, também foram classificados como baixo nos solos. Porém a variação no nível de adoção das práticas influenciou negativamente esta classificação. Nas áreas com calagem e adubação fosfatada onde as práticas foram realizadas conforme recomendado, os efeitos foram significativos e positivos para melhorar a fertilidade dos solos.

O café por ser uma planta de origem nos sub-bosques africanos apresenta grande potencial para cultivo em SAFs. Muitos cafezais em Apuí possuem árvores de regeneração natural e mostram a boa adaptação do café em sistemas sombreados. Desde 2012 tem ocorrido o enriquecimento ecológico destas áreas visando, além de melhores condições micro-climáticas e fertilidade dos solos, a diversificação da renda e da alimentação familiar. Por fim, os resultados obtidos nesta pesquisa contribuirão para o entendimento do processo inicial de transição para sistemas agroflorestais. A avaliação das práticas de manejo de solo possibilitou contribuições a serem consideradas para o desenvolvimento e multiplicação da experiência com outros agricultores familiares no sul do Amazonas. A experiência destes agricultores na implantação e manejo de café em agrofloresta possibilita uma ampla área de estudos a partir de princípios e conceitos adotados na agroecologia.