

**ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE MUZAMBINHO**  
Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

---

**JOÃO GUALBERTO RIBEIRO DO VALLE FILHO**

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO  
CAFEEIRO RECEPADO COM DIFERENTES  
DOSES E FONTES DE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

---

**Muzambinho  
2008**

**JOÃO GUALBERTO RIBEIRO DO VALLE FILHO**

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO  
CAFEIRO RECEPADO COM DIFERENTES  
DOSES E FONTES DE P2O5**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação, em Cafeicultura, da  
EAFMuz., como requisito parcial à obtenção  
do grau de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Marcelo Bregagnoli

**Muzambinho  
2008**

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Marcelo Bregagnoli

---

Luiz Augusto Gratieri

---

Anna Lygia Maciel Resende

Muzambinho, 10 de dezembro de 2008.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me proporcionar esses momentos de estudos e por me dar forças nas horas difíceis.

Ao meu orientador professor Dr. Marcelo Bregagnoli pela paciência, direcionamento, as valiosas sugestões e ao grande empenho durante a realização deste trabalho.

Ao professor MSc. Luiz Augusto Gratieri pelas sugestões de grande valia.

Ao professor Dr. José Mauro Costa Monteiro pela ajuda na criação de gráficos e análise estatística.

A Clarissa Benassi pela imensa paciência e pela correção da formatação

A Fazenda Grama pelo fornecimento da área de instalação do experimento.

Aos companheiros e colegas de classe pelos momentos divertidos e ótima companhia.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para minha formação profissional.

***DEUS SEJA LOUVADO.***

## **DEDICATÓRIA**

*A Deus*

*Aos meus queridos pais pelo sustento  
A tia Zélia, tio Luiz Antônio, Luiz Henrique,  
Luiz Felipe e Lucas por me aturarem três  
anos*

*Aos meus irmãos Raquel, Lia e André*

*A Marina Ponce*

*E a todos meus amigos*

*"É melhor tentar e falhar,  
que preocupar-se e ver a vida passar;  
É melhor tentar, ainda que em vão,  
que sentar-se fazendo nada até o final.*

*Eu prefiro na chuva caminhar,  
que em dias tristes em casa me esconder.*

*Prefiro ser feliz, embora louco,  
que em conformidade viver ..."*

*Martin Luther King*

VALLE FILHO, J.G.R. do. **Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro recepado com diferentes doses e fontes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**. 2008. 51f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura. Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho. Muzambinho, 2008.

## RESUMO

Na atividade cafeeira da atualidade, alguns métodos devem ser adotados fazendo com que a produção seja elevada sem altos custos, entre esses métodos podemos citar o uso correto de adubos para altas produtividades e alguns manejos como a poda do cafeeiro. Este trabalho foi realizado com a finalidade de discutir qual a melhor dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em uma lavoura de café recepada, visando a melhor rebrota. O experimento foi realizado de setembro de 2007 a outubro de 2008, na Fazenda Grama, município de Guaxupé (MG), a 988 m de altitude, em Latossolo Vermelho Eutrófico, cultivar mundo novo IAC 379-19, com 44 anos de plantio, em espaçamento de 4 x 1,5 m. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições. Avaliou-se aos 350 dias após aplicação que a dose 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> utilizado como fonte termofosfato apresentou melhor resultado quanto à altura da planta.

**Palavras-chave:** adubação, *coffea arabica*, fisiologia vegetal, manejo, poda.

VALLE FILHO, J.G.R. do. **Vegetative growth of coffee reception with different doses and sources of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**. 2008. 51f. Completion of work of the Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura. Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho. Muzambinho, 2008.

## ABSTRACT

Now a days when we talk about coffee plantation, some methods should be adopted so the production can be high without high costs. We can mention the correct use of fertilizers for high production and some techniques as preening the coffee tree. This work was carried out to discuss the best dose of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in a coffee plantation that had been properly pruned. This procedure had been done to aim at better regrowth. This experiment was conducted from September 2007 to October 2008 on a farm called "Fazenda da Grama" in Guaxupé city (MG), the altitude was 988 meters on a kind of soil "Latosolo Red Eutrophic". The kind of coffee was "Mundo Novo AIC 379-19", with 44 year old plantation. The space between the coffee trees was 4 x 1,5 meters. We used an experimental block outline at random, with eight treatments and four repetitions. It was evaluated for 350 days after application that the dose 106,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> used as a source thermophosphate showed better results as the height of the plant.

**Key words:** *Coffea arabica*, fertilization, management, plant physiology, pruning.



# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	10
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1. MORFOLOGIA E DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIRO .....	11
2.1.1. <i>Parte Aérea</i> .....	12
2.1.1.1. Ramos .....	12
2.1.1.2. Folha .....	13
2.1.1.3. Flor.....	13
2.1.1.4. Fruto.....	14
2.1.1.5. Semente.....	15
2.1.2. <i>Raiz</i> .....	15
2.1.2.1. Raiz pivotante .....	15
2.1.2.2. Raízes axiais.....	15
2.1.2.3. Raízes laterais .....	16
2.2. PODAS.....	16
2.2.1. <i>Fundamentos Sobre a Poda</i> .....	17
2.2.2. <i>Aplicação da Poda</i> .....	19
2.2.3. <i>Épocas das Podas</i> .....	20
2.2.4. <i>Sistemas de Poda</i> .....	21
2.2.5. <i>Tipos de Podas</i> .....	22
2.2.5.1. Recepta.....	22
2.2.5.2. Decote .....	23
2.2.5.3. Esqueletamento .....	23
2.2.5.4. Desponte .....	24
2.3. NUTRIÇÃO MINERAL DO CAFEIRO.....	24
2.3.1. <i>Finalidade da Adubação</i> .....	25
2.3.2. <i>Macronutrientes</i> .....	25
2.3.3. <i>Micronutrientes</i> .....	30
2.3.4. <i>Adubação de Cafeiro Podado</i> .....	33
2.4. FÓSFORO EM ALGUMAS CULTURAS PERENES .....	34
2.4.1. <i>Citrus</i> .....	34
2.4.2. <i>Eucalipto</i> .....	34
2.5. FONTES DE FÓSFORO.....	35
2.5.1. <i>Adubos Orgânicos</i> .....	35
2.5.2. <i>Adubos Minerais</i> .....	36
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
3.1. LOCAL DO EXPERIMENTO .....	39
3.2. VARIEDADE.....	39
3.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	40
3.4. PRÁTICAS CULTURAIS .....	42
3.5. AVALIAÇÕES .....	42
3.5.1. <i>Número de Hastes Principais</i> .....	42
3.5.2. <i>Altura de Plantas</i> .....	42
3.5.3. <i>Diâmetro Caule</i> .....	42
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>47</b>

## INTRODUÇÃO

A cafeicultura no Brasil se estende por longo período, a partir do século XVII, história de sucesso na atividade econômica do país, porém marcado por crises como a de 1929 com a quebra da bolsa e a que estamos vivenciando atualmente. O café resistiu às pressões de comércios estrangeiros, preço da saca abaixo do custo, preço de insumos e mão-de-obra caríssimos, entre outros problemas.

Com o custo da saca abaixo do preço pago, deve-se conseguir aumentar produtividade com qualidade. Isso significa adotar manejos adequados para que esses objetivos sejam alcançados. O cafeeiro apresenta defeitos que surgem em função de erros na condução da lavoura (adubação inadequada, pragas e doenças mal controladas, competição de ervas daninhas, falta de desbrotas, acidez do solo, etc.) ou ainda pela ação de fenômenos climáticos adversos (geadas e secas prolongadas), que provocam o definhamento e a morte parcial dos ramos em produção. Um desses manejos que têm sido usados com sucesso é o emprego da poda e o aumento na dose de fósforo (P) na adubação.

A poda no cafeeiro é feita com a finalidade de corrigir defeitos apresentados pelas copas das plantas e/ou renovar os ramos de produção. Mesmo o cafeeiro não apresentando defeitos no terço médio e superior, a renovação periódica dos ramos de produção é importante para manter o seu potencial produtivo.

Pesquisadores vêm estudando variações na dose de P na adubação, com a finalidade de aumentar a produtividade e diminuir a bienalidade do cafeeiro.

Este trabalho foi realizado com a finalidade de se obter a melhor dose de  $P_2O_5$  para cafezais em alta produção, em relação ao desenvolvimento vegetativo do cafeeiro recepado.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Morfologia e Desenvolvimento Vegetativo do Cafeeiro

*Coffea arabica* L. é originária dos vales das regiões montanhosas da Abissínia, caracterizada por densas florestas tropicais, sob altas temperaturas e precipitações bem distribuídas. É considerada uma espécie de sombra, entretanto no Brasil, a maioria das lavouras são conduzidas a pleno sol, com temperaturas acima de 30°C nos meses de janeiro a março, época de maior crescimento, ficando sujeitas a veranicos e altos níveis de radiação (ALVES, 2003). O mesmo autor relata que o sucesso da expansão da cafeicultura no Brasil deve-se, em parte, às pesquisas no campo do manejo da irrigação, melhoramento genético, solos e nutrição mineral das plantas, fitopatologia, fitossanidade e fisiologia do vegetal. Com resultados dessas pesquisas, hoje se cultiva no Brasil um grande número de variedades adaptadas às diferentes regiões.

A grande plasticidade da espécie *C. arabica* em adaptar-se à regiões de climas contrastantes, têm garantido altas produtividades do cafeeiro em todas regiões, apesar das adversidades climáticas como altas temperaturas; geadas; vento frio persistente; veranicos freqüentes; déficits hídricos prolongados e má distribuição do regime pluvial ao longo do ano (KRUG et al., 1965).

De maneira geral pode-se dizer que em nossas condições, o cafeeiro apresenta um crescimento sazonal rápido (agosto à março), seguindo de um crescimento lento (abril à julho) e se as temperaturas forem muito baixas, este crescimento pode até paralisar. De janeiro à fevereiro existem declínios temporários no crescimento, atribuídos a altas temperaturas e elevado nível de radiação solar. O padrão sazonal de crescimento dos ramos plagiotrópicos, área foliar, surgimento de entrenós e de folhas, geralmente não é influenciado pela irrigação ou por uma baixa carga de fruto. Cafés irrigados continuamente também não apresentam alterações em seu ciclo de crescimento. Entretanto, lavouras irrigadas depois de um a três meses de seca, apresentam crescimento acelerado, como se houvesse um crescimento compensatório após o estresse hídrico. Esse fato sugere que o déficit hídrico condiciona a resposta das plantas à irrigação, provavelmente devido a um aumento na permeabilidade das raízes nas plantas estressadas (RENA et al., 1986).

A taxa máxima de crescimento coincide com o aumento da duração do dia em várias regiões cafeeiras, mas existem dúvidas de que as plantas possam

responder a variações estacionais do fotoperíodo, no máximo uma hora e 10 minutos (CANNEL, 1972).

### **2.1.1. Parte Aérea**

#### **2.1.1.1. Ramos**

Arbusto de crescimento contínuo que apresenta dimorfismo dos ramos em ortotrópicos e plagiotrópicos que crescem numa inclinação que varia entre 45° a 90° em relação ao eixo principal (RENA et al., 1986). Cafeeiros podados emitem grande quantidade de ramos ladrões, que devem ser selecionados e devidamente conduzidos para recompor a planta. Excesso de ramos ladrões concorre em água, luz e nutrientes com os ramos de produção (THOMAZIELLO, 2008). Os ramos “ladrões”, normalmente só aparecem nos cafeeiros mais antigos ou quando o ramo principal é danificado ou recepado. Já os ramos laterais, denominados primários, começam a aparecer na muda a partir do 6° ao 10° nó e daí para frente continuamente, num sistema de crescimento simultâneo do eixo e dos ramos (ramificação siléptico). Ramificações laterais secundárias ou de ordem superior, podem aparecer no cafeeiro adulto por crescimento defasado em relação ao primário (prolepse) (ALVES, 2003).

Na axila de cada folha, nos eixos verticais, existe uma série de 5 a 6 gemas (gemas seriadas) e isolada, acima da série há uma gema chamada de “cabeça-de-série”, se forma na planta a partir do 8° ao 10° nó (CARVALHO et al., 1950) ou mesmo a partir do 6° nó. As gemas cabeça-de-série dão origem unicamente a ramos laterais, ao passo que as gemas seriadas desenvolvem-se em ramos verticais (ladrões). A dominância apical é estrita sobre as gemas seriadas e apenas indiretas sobre as cabeça-de-série (KUMAR, 1979). Sob altas temperaturas, as gemas seriadas brotam espontaneamente, ficando a planta com aspecto entouceirado (WENT, 1957).

É importante o conhecimento do padrão de distribuição das gemas, pois ele orientará diversas operações como, por exemplo, a poda. Se por qualquer motivo (geadas, chuva de granizo, seca de ramos por deficiência ou desequilíbrio nutricional), ocorrer à morte de ramos plagiotrópicos, isso nos levará a fazer uma poda do ortotrópico abaixo de onde ocorreu a morte dos ramos laterais. Por outro lado, se acima de cada série de gemas seriadas só existir uma cabeça-de-série e essa já tenha dado origem ao ramo plagiotrópico que morreu, ali não nascerá outro

ramo formando o “cinturamento” do cafeeiro. Da mesma forma, se os plagiotrópicos forem podados drasticamente como, por exemplo, na operação de esqueletamento, a menos de 20 cm da inserção deste com o ortotrópico, também poderá causar a sua morte e conseqüentemente o cinturamento (ALVES, 2003).

O crescimento do cafeeiro varia com a cultivar (maturação precoce ou tardia) e com as condições meteorológicas, principalmente as distribuições das chuvas e a temperatura do ar (RENA et al., 1986).

#### **2.1.1.2. Folha**

Presentes nos ramos plagiotrópicos, no mesmo plano e em posições opostas. A lâmina é delegada, ondulada e sua forma é elíptica à lanceolada. Possuem uma ou mais camadas de células externas que constituem o tecido epidérmico ou a epiderme revestida por uma camada de cutícula (formada por cutina, ceras cuticulares e polissacarídeos pectínicos) que reduz a perda de água, protege o tecido foliar e é barreira para a absorção de produtos usados na agricultura como fungicidas, herbicidas e nutrientes. Este fato obriga o uso de espalhante adesivo que aumenta a efetividade dos produtos.

A epiderme apresenta grande diversidade anatômica e morfológica com diferentes tipos de células como os estômatos (formado por duas células guardas, o ostíolo ou poro estomático e células subsidiárias), que no caso das folhas de café, são hipostomáticas onde eles estão presentes apenas na epiderme inferior ou abaxial (dorsal). A característica de possuir estômatos apenas na epiderme contribui para uma melhor adaptação da planta de café às condições de seca (ALVES, 2003).

#### **2.1.1.3. Flor**

A floração e a produção de café se concentram nos ramos laterais que cresceram na estação passada, ainda que se possam observar suas presenças em ramos de crescimento do ano anterior. Os eixos laterais da inflorescência nascem a partir de gemas dispostas em séries descendentes, nas axilas formadas pelos pares cruzados de folhas com os ramos primários. Cada gema desenvolve-se em um eixo curto, que termina numa flor. As axilas florais produzem gemas uma única vez, desse modo as produções, com o passar dos anos, se concentram nas extremidades dos ramos. Quando isso acontece, recomenda-se a poda para a renovação da lavoura medida que eles crescem (ALVES, 2003).

#### 2.1.1.4. Fruto

É uma drupa elipsóide contendo dois lócus e duas sementes, podendo ocasionalmente, conter 3 ou mais. Inicialmente, o seu crescimento é lento seguido de um período de crescimento rápido, até o fruto verde atingir seu tamanho final (metade do tamanho do fruto maduro), cessando o crescimento até o início da maturação, quando o crescimento se reinicia e o fruto aumenta rapidamente de tamanho (KRUG et al., 1965).

O fruto é composto por diferentes partes:

- ⌘ Pedúnculo: haste que liga o fruto ou a flor à planta;
- ⌘ Coroa: região da cicatriz floral, localizada na parte oposta ao pedúnculo.

Merece redobrada atenção, pois é onde se encontra as perfurações causadas pelo ataque da broca-do-café (*Hypotenemus hampei*).

- ⌘ Exocarpo (casca): é a camada externa do fruto. Pode ter coloração avermelhada ou amarelada dependendo da cultivar e por ocasião da maturação dos frutos (estádio de “cereja”). Essa coloração é usada para correlacionar o estágio de desenvolvimento do fruto com o ponto de maturação fisiológica. Analisando o ganho de massa seca, água e poder germinativo chegaram à conclusão que o ponto de maturação fisiológica das sementes do cafeeiro se encontrava quando os frutos estão entre os estádios de “verde-cana” e “cereja”, 220 dias aproximadamente após a fecundação das flores.

- ⌘ Mesocarpo (mucilagem): é uma substância gelatinosa e adocicada existente entre o exocarpo e endocarpo. No processamento de café por via úmida (despolpamento), essa camada é retirada por um processo de fermentação que ocorre em tanques de água, por um período de 12 a 24 horas. No *canephora* o mesocarpo é pouco aquoso e menos doce que na arábica.

- ⌘ Endocarpo (pergaminho): parte do fruto que acompanha a semente que será usada no semeio tradicional em viveiros. Quando maduro é coriáceo e envolve independentemente cada semente (KRUG et al., 1965).

O crescimento do fruto de café compreende cinco fases:

- ⌘ Período sem crescimento visível – fase de “chumbinho”;
- ⌘ Fase de expansão rápida, ao fim da qual o endocarpo endurece (pergaminho);
- ⌘ Formação do endosperma, que ocorre durante a parte final da fase de

expansão (endosperma leitoso);

⌘ Endurecimento do endosperma, que continua até antes da maturação (granação);

⌘ Maturação (cereja) Wormer (1964).

#### **2.1.1.5. Semente**

É plano-convexa, elíptica ou oval, sulcada longitudinalmente na face plana e é constituído por embrião, endosperma e um envoltório, representado por uma película prateada ou endosperma (DEDECÇA, 1957);

#### **2.1.2. Raiz**

O sistema radicular de plantas exerce duas funções primárias que é a extração de água e nutrientes no solo e, a ancoragem da planta onde ela esta se desenvolvendo. Funções consideradas secundárias incluem reservas de assimilados, síntese de reguladores de crescimento, propagação, dispersão e é principal estrutura de absorção de água e nutrientes da solução do solo (ALVES, 2003).

##### **2.1.2.1. Raiz pivotante**

Pouco desenvolvidas, curta e grossa, frequentemente múltipla, terminando abruptamente e raramente estendendo-se além dos 45 cm abaixo da superfície do solo. As raízes de algumas mudas de café no plantio apresentam-se enoveladas, levando ao desenvolvimento do “pião-torto”, o que ocasiona morte da planta após a primeira produção, quando o sistema radicular é exigido e não suporta a carga pendente (ALVES, 2003).

##### **2.1.2.2. Raízes axiais**

Raiz ou raízes que crescem verticalmente logo abaixo do tronco, em número de 4 a 8 geralmente originadas das ramificações da pivotante e alcançando profundidades de 2,5 a 3,0 m (RENA et al., 1986);

### 2.1.2.3. Raízes laterais

São divididas em:

a - raízes da placa superficial que crescem até 2,0 m do tronco, em geral, ramificando-se horizontalmente em outras direções. Algumas dessas raízes e suas ramificações podem tornar-se positivamente geotrópicas e formar as raízes verticais;

b - raízes fora da placa superficial, mais profunda que as anteriores, ramificando-se uniformemente no solo e algumas vezes tornando-se verticais (RENA et al., 1986).

## 2.2. Podas

Durante um grande período a tradição da cafeicultura brasileira foi o cultivo de café arábico à livre crescimento, sem adoção de podas. A antiga Seção de Café do Instituto Agrônomo (IAC), em publicação de 1967 de experimentos realizados de 1929 a 1963, informava que a poda significava a eliminação de ramos mortos, estado avançado de decadência e a eliminação dos brotos ponteiros “ladrões”. Alguns produtores efetuavam os desbastes dos ramos laterais ou inferiores ou “saia” (THOMAZIELLO, 2008). Na época, as razões principais para utilização das podas eram aumentar a produção, eliminar partes afetadas por fenômenos físicos (geada e chuvas de granizo) e para correção da arquitetura da planta (GUIMARÃES THEODORO, 2004). Os trabalhos iniciais do IAC não confirmavam essa tese (THOMAZIELLO, 2008). É importante frisar que no período o sistema de cultivo era muito diferente dos tempos atuais:

- Os cafeeiros eram plantados em covas, com quatro ou mais mudas formando uma moita de cafeeiro;
- Os espaçamentos eram muito largos com população variável de 800 a 1.000 covas por hectare;
- As variedades possuíam vigor vegetativo muito menor que as atuais, com o plantio do café Típica ou Nacional, além do Bourbon e Caturra;
- As doses dos nutrientes, fornecidos através das adubações, eram abaixo das atuais e predominava o uso de adubos orgânicos.

Com a evolução da cafeicultura, várias tecnologias foram melhoradas ou introduzidas, propiciando aumento na produtividade:

- Cultivo de variedades mais produtivas e com grande vigor vegetativo (Mundo Novo e Catuaí);



- Plantios em renque com aumento do número de plantas por hectare, elevado à média brasileira para mais de 3.500 plantas com uma muda por cova;
- Adubação química recomendada a partir da produção esperada, análise de solos e foliares (THOMAZIELLO, 2008).

Devido a esses fatos, o fechamento da lavoura é um fato comum com perda dos ramos plagiotrópicos inferiores, excesso de hastes, esgotamento de plantas por altas produtividades, etc. A poda é a pratica mais adequada para solucionar tais problemas, quando aplicada na época certa e de forma correta. No conceito moderno de condução de um cafezal, é uma pratica cultural como o manejo de plantas daninhas, a adubação e o tratamento fitossanitário. É um instrumento na condução, na renovação e correção de problemas da lavoura.

Levando-se em consideração a poda, podem-se conceituar alguns sistemas de condução de cafeeiros:

- Livre crescimento: com podas eventuais, de acordo com a necessidade;
- Livre crescimento controlado: com podas programadas e espaçadas em períodos ao redor de quatro anos, com a finalidade de limitar a altura da planta e/ou renovar os ramos de produção;
- Adensados: neste caso, a poda torna-se obrigatório devido ao “fechamento”, não havendo especificadamente uma data programada justificada pela produtividade;
- Safra zero: poda de decote associada ao esqueletamento realizadas a cada dois anos, sempre após safra alta (THOMAZIELLO, 2008).

### **2.2.1. Fundamentos Sobre a Poda**

Em sistemas de cultivo intensivo (adensados), os ciclos de produção aceleram a redução da área produtiva. As colheitas diminuem, tornando-se cada vez mais irregulares, com esgotamento de reservas, o que acentua a bienalidade de produção. É necessário renovar os tecidos a fim de permitir à planta retornar o equilíbrio fisiológico e retomar seus patamares normais de produtividade.

Vários objetivos podem ser alcançados através da poda:

- Renovar tecidos de formação de ramos e modificar a arquitetura da planta;
- Manter uma adequada relação folha/fruto (20 cm<sup>2</sup> de área foliar por fruto);
- Permitir maior luminosidade e estimular a produção em locais com

fechamento ou auto-sombreamento;

- Adequar a luminosidade e a aeração para reduzir condições ao ataque de pragas e doenças;
- Atenuar o ciclo bienal para regular a produção;
- Eliminar ramos afetados por pragas e doenças, seca dos ponteiros causados por desequilíbrio nutricionais e depauperamento após superproduções;
- Corrigir danos causados às plantas devido à eventos climáticos adversos como: granizo, geada, seca, etc.;
- Revigorar plantas deformadas, cinturadas e debilitadas;
- Facilitar operações de manejo da lavoura que necessitam utilizar equipamentos manuais ou motorizados;
- Eliminar o excesso de “ramos ladrões”;
- Economizar na aquisição e aplicação de fertilizantes e defensivos em anos de preços baixos do café;
- Adequar o formato e a altura dos cafeeiros para facilitar a colheita;
- Reduzir os custos por determinado período em vista da menor utilização de fertilizantes e defensivos (THOMAZIELLO, 2008).

O cafeeiro metaboliza água, gás carbônico e energia luminosa em carboidratos sendo que os fatores que influem sobre a superfície foliar os mais importantes. Portanto, o cafeeiro eficiente é aquele capaz de formar extenso dossel, com alta taxa fotossintética, capaz de produzir muitos grãos e de mobilizar grandes quantidades de carboidratos para a granação (CANNEL, 1976).

A poda é capaz de manipular a participação dos carboidratos no sistema de fonte/dreno do cafeeiro, através da renovação do aparato fotossintético. A ordem preferencial na participação dos carboidratos nos cafeeiros define-se em flores e frutos, engrossamento dos ramos; desenvolvimento de novos brotos, de raízes e a manipulação celular (THOMAZIELLO, 2008).

O cafeeiro não cresce de forma indefinida ao longo do ano, pois, os ramos plagiotrópicos têm crescimento limitado sendo necessário revigorar os ramos para evitar a queda de produção. As partes ou segmento dos ramos que não vão frutificar continuam crescendo em espessura e massa. Quanto mais velha for a parte do ramo, maior será o seu potencial de competição com os demais drenos do cafeeiro. Mediante uma poda adequada, eliminam-se a maior parte dos drenos improdutivos, em especial ramos plagiotrópicos velhos, o que possibilita que os assimilados sejam

alocados para os ramos novos do cafeeiro, recompondo o potencial produtivo da planta.

A poda pode trazer outros benefícios como aspecto nutricional com a reciclagem de nutrientes e a conservação dos solos. Os tecidos lenhosos do cafeeiro são ricos em nutrientes, assim, o material podado deve ser deixado na superfície do terreno para o reaproveitamento. O período após a poda deve coincidir com a estação das águas, com isso o material deixado sobre o solo dará boa proteção, evitando-se a erosão e a lixiviação de nutrientes (THOMAZIELLO, 2008).

### **2.2.2. Aplicação da Poda**

Vários fatores devem ser analisados, pois recomendações para uma região podem não ser as melhores para outras, destacando-se:

- Idade da lavoura: lavouras muito antigas têm maiores dificuldades para recuperarem, podendo levar à perda da planta ou dificuldades para brotarem;
- Cultivar: há cultivares que possuem menor vigor vegetativo, devendo-se avaliar se a cultivar a ser podada é produtiva, existindo a alternativa de substituir a lavoura existente por materiais mais produtivos e tolerantes às pragas e doenças;
- Presença de pragas no sistema radicular: deve-se observar a presença de nematóides, cigarras e cochonilhas da raiz. Dependendo do nível de dano dessas pragas e pelo número de indivíduos, a recuperação das plantas se torna difícil, inviabilizando totalmente a prática da poda;
- Baixa população de plantas: em lavouras com espaçamentos muito largos e com muitas falhas, a poda pode não compensar sendo mais indicado optar pela renovação da lavoura (THOMAZIELLO, 2008).
- Fechamento da lavoura: vários fatores que podem levar ao fechamento da lavoura, sendo necessário o uso da poda drástica como cultivares de alto porte; uso de espaçamentos adensados com várias hastes por planta sem nenhuma desbrota feita; uso excessivo de adubação nitrogenada. Lavouras fechadas causam problemas em seu manejo como: dificuldades nos tratos culturais mecanizados; proporcionam microclima favorável a algumas pragas e doenças como a broca e a ferrugem; atrasa a maturação dos frutos; tendência a piorar a qualidade da bebida devido ao microclima propício a fermentações. Esse fechamento deve ser evitado com praticas preventivas tais como: escolha correta da cultivar; sistema de plantio; manejo adequado da lavoura; adubação equilibrada, principalmente em relação ao

nitrogênio.

- Depauperamento: quando a planta está visualmente em declínio, com perda de ramos por desequilíbrios nutricionais, ataque de pragas e doenças, superprodução, concorrência de plantas daninhas, desgastes naturais devido à idade provocando de modo devagar e contínuo, a seca de ponteiros e ramos de produção, cinturamento e envassouramento da planta (THOMAZIELLO, 2008).

- Idade: cafeeiros com idade superior a 10-12 anos apresentam pequeno crescimento dos ramos plagiotrópicos, afetando a produção. No caso da cultivar Mundo Novo pode haver interesse em manter as plantas com porte menor para facilitar a colheita, principalmente em regiões de altitude muito elevada (RENA et al., 1986).

- Plantios adensados: ao longo dos anos observa-se alterações na estrutura vegetativa de cafezais adensados, tendendo a ter uma maior altura (da planta e da inserção dos primeiros ramos plagiotrópicos), menor comprimento e diâmetro da copa e diâmetro do caule reduzido

- Geadas ou chuvas de granizo: após a ocorrência desses fenômenos, a poda se torna necessária para a recomposição das plantas afetadas seguida de desbrotas (GUIMARÃES; THEODORO, 2004).

### **2.2.3. Épocas das Podas**

A época mais indicada para a poda é logo após a colheita. Em regiões com risco de geadas, devem ser realizadas após o período de maior risco de ocorrência desse fenômeno (THOMAZIELLO, 2008), porém, segundo Guimarães; Theodoro (2004) observaram insucessos na brotação de cafezais podados logo após a colheita, quando teria ocorrido alta produção, geada, chuva de granizo, secas prolongadas ou ataques intensos de pragas e doenças, sendo mais recomendado guardar até os meses de novembro e dezembro, para que as plantas tenham tempo de recompor suas reservas de fotoassimilados, para então se executar as podas. Fato verificado principalmente com relação às recepas, por serem podas drásticas. Em lavouras depauperadas é aconselhável que antes da poda, faça adubações de solo e foliares.

O desenvolvimento mais acentuado das brotações, quando a recepado, ocorreu no mês de novembro (período chuvoso). Essa época permite que as plantas se recuperem do esgotamento provocado pela colheita ou qualquer outra condição

de estresse (CUNHA, 1997).

#### **2.2.4. Sistemas de Poda**

Poda de formação: como em algumas frutíferas, objetiva-se formar e manter a arquitetura da planta desde primeiros anos, para que a estrutura de suporte dos ramos em produção esteja em bom estado;

Desbrota: o cafeeiro é uma planta de tronco único, essa estrutura deve ser mantida desde a fase de formação. Todos os ramos ladrões que surgem do ramo principal devem ser retirados pela desbrota. Esses ramos concorrem com o ramo ortotrópico principal por luz, nutrientes e água, além de desuniformisar a estrutura da planta. Quando os brotos estão novos e herbáceos, a desbrota é feita manualmente sem causar lesão. Caso o tronco já esteja lenhoso a desbrota deve ser feita com ferramenta de corte e é uma operação que deve ser feita anualmente evitando alguma intervenção mais drástica.

Decote herbáceo: é realizada essa prática quando o cafeeiro atingir a altura que deseja limitá-lo, mantendo-o sempre no mesmo patamar, com desbrotas constantes. Visa facilitar a colheita de cultivares de porte alto, como Mundo Novo e Icatu em regiões montanhosas e evitar o uso de escadas; limitar o tamanho para colheita mecanizada; facilitar os tratos culturais; forçar os ramos laterais do cafeeiro; melhorando sua área de produção. Entretanto, as perdas de produção são maiores à medida que se limita o crescimento dos cafeeiros, mantendo-os mais baixos que o normal.

Podas de revigoração ou recuperação: restabelece o potencial de produção do cafeeiro, com a renovação dos ramos produtivos ou sua recuperação, devido aos danos ocorridos nas plantas. São realizadas esporadicamente não fazendo parte da programação normal do manejo da lavoura. O estado geral da lavoura é que orientará a poda a ser adotada e deve ser a menos drástica possível a fim de refazer a estrutura de produção da planta.

Quanto mais drástica for a poda, maior tempo de recuperação a planta utilizara e maior o impacto na produção por determinado período. A quantidade da parte aérea eliminada significa em porcentagem o mesmo numero de raízes mortas, assim, independentemente da época de amostragem, com a adoção de operações de podas menos drásticas, a porcentagem de raízes vivas são maiores (THOMAZIELLO, 2008).

## 2.2.5. Tipos de Podas

### 2.2.5.1. Recepta

Conhecida como poda de renovação, poda-se o tronco do cafeeiro a uma altura variando de 30 cm a 1,0 m, eliminando-se totalmente a copa, sendo muito drástica e exigindo mais tempo para a recuperação da planta, provocando maiores perdas na produção durante a fase de recuperação. Por esse motivo, só deve ser feita em ultimo caso, quando não houver a possibilidade de recuperar a lavoura com outro tipo de poda mais leve (GUIMARÃES; THEODORO, 2004).

A recepta pode ser de dois tipos:

A) recepta baixa: deve ser feita quando a planta perdeu toda a “saia” ou quando houve perda total da copa (como no caso de uma geada severa ou chuva de granizo). A poda dos troncos a uma altura de aproximadamente 40 cm do solo, com subsequente desbrotas, conduzindo no final apenas um ou dois brotos por tronco podado. Os brotos selecionados devem estar localizados no terço médio do tronco e na direção do alinhamento das linhas de café, para que não ocorra, acidentalmente, a lasca do ramo na hora da colheita.

B) recepta alta: deve ser feita quando houver perda parcial da “saia” ou da copa do cafeeiro, deixando-se os ramos vivos chamados “ramos pulmões”, que tem a função de aumentar o vigor dos brotos novos e acelerar a recuperação dos cafeeiros podados. As desbrotas e a condução dos brotos na recepta alta devem ser feitas da mesma maneira recomendadas para a recepta baixa (OLIVEIRA; COSTA, 2002).

A operação de recepta compreende algumas etapas:

- Desgalhamento lateral;
- Corte do tronco na altura desejada;
- Desponte dos ramos “pulmões” quando muito longos;
- Retirada da lenha grossa;
- Trituração com trincha, grade ou roçadeira dos restos vegetais;
- Desbrotas, operação de suma importância, negligenciada em geral

pelos cafeicultores (THOMAZIELLO, 2008).

O corte deve ser realizado em bixel ou inclinado para reduzir a entrada de água e a probabilidade de infecção por doenças. A desbrota deve ser iniciada quando os brotos estiverem de 20 a 30 cm de altura. Normalmente duas a três

desbrotas são necessárias até que se tenha o número de hastes definidas.

O número de brotos a serem deixados por tronco está relacionado com espaçamento entre plantas na linha. Normalmente, adota-se o seguinte critério: distância abaixo de 1,0m – deixa-se um broto por cova; de 1,0 a 1,5 m – dois brotos por cova e acima de 1,5 m – de dois a quatro brotos (THOMAZIELLO, 2008).

#### **2.2.5.2. Decote**

Existem dois tipos de decote: decote herbáceo e decote lenhoso.

- Decote herbáceo: também chamado de “desponte” ou “capação”, limitando o crescimento do cafeeiro, reduzindo a sua altura, facilitando os tratos da lavoura e a colheita. Cortar-se os ponteiros do cafeeiro, enquanto não estão lenhosos, quando atingem altura entre 2,0 e 2,2 m. Posteriormente devem ser feitas desbrotas sucessivas, eliminando todos os brotos novos que nascem nos ponteiros, até que cessem as brotações, para que o cafeeiro não continue crescendo em altura (OLIVEIRA; COSTA, 2002).

- Decote lenhoso ou corretivo: consiste em podar os troncos dos cafeeiros a uma altura entre 1,5 a 1,7 m, eliminando totalmente a parte superior das plantas. É utilizada para recuperar lavouras com defeitos na parte média (morte dos ramos de produção) ou com perda de ponteiros (provocada por geadas, secas severas, acidez do solo ou adubações inadequadas). Podem ser conduzidas de duas maneiras distintas: sem desbrotas, deixando os brotos crescerem livremente, ou com desbrotas, deixando apenas um ou dois brotos por tronco podado. Quando se conduz decote lenhoso sem desbrotas, a primeira produção da lavoura após a poda é bem maior que a condução com desbrota, mas as plantas perdem o vigor rapidamente e o decote tem que ser repetido a cada três ou quatro anos no máximo. Quando se conduz o decote lenhoso com desbrotas, embora a primeira produção seja menor, a lavoura se recupera com mais vigor, volta a apresentar altas produções e permanece mais tempo sem necessitar de podas. O decote não deve ser utilizado quando houver perda parcial ou total das “saías” dos cafeeiros, porque não recupera as partes mortas não podadas (OLIVEIRA; COSTA, 2002).

#### **2.2.5.3. Esqueletamento**

É feito com a finalidade de renovar os ramos de produção dos cafeeiros, quando eles se mostram muito desgastados ou quando houver morte das pontas

dos ramos (OLIVEIRA; COSTA, 2002). É indicado para lavouras mais velhas, plantadas em livre crescimento, mas que se encontram em vias de fechamento, com plagiotrópicos longos e pouco produtivos (GUIMARÃES; THEODORO, 2004).

Podam-se todos os ramos de produção a cerca de 15 cm do tronco, deixando apenas o esqueleto central das plantas, complementada com o decote do tronco a uma altura de 2,0 a 2,2 m. Após a poda devem ser feitas desbrotas sucessivas, eliminando todos os brotos ladrões emitidos pelos troncos, sendo muito importante para que as copas sejam totalmente renovadas, sem perda de vigor da planta.

O esqueletamento corretivo só deve ser feito em cafeeiros que tenham todos os ramos de produção vivos, sem perda das “saias”. Após o esqueletamento a lavoura poderá ser conduzida normalmente, sem podas, por um longo período, com ramos de produção totalmente renovados (OLIVEIRA; COSTA, 2002).

#### **2.2.5.4. Desponte**

É menos drástico que o esqueletamento, corta-se a extremidade dos ramos plagiotrópicos quando estes atingem comprimento superior a 1,2 m. Visa intensificar a ramificação para aumentar o potencial produtivo, podendo ser feita isolada ou associadamente a outro tipo de poda (MATIELLO, 1995).

### **2.3. Nutrição Mineral do Cafeeiro**

O cafeeiro apresenta uma alta exigência em nutrientes, com o cafeicultor dando conta disso, com a queda progressiva da produtividade. Durante anos permaneceu arraigada, a crença de que o uso do esterco fosse suficiente para satisfazer às exigências minerais das plantas. O uso desse adubo orgânico em quantidades inadequadas, uma vez que sua obtenção em grande escala é difícil, fez com que os solos cultivados com o cafeeiro ficassem empobrecidos, incapazes de garantir grandes produções. Foi assim é que as famosas “terras roxas”, quando desbravadas, eram capazes de garantir colheitas de até 3.000 kg de café beneficiado por mil pés, mas que aos poucos, foram perdendo sua fertilidade natural.

O estabelecimento de cafezais no passado era confinado quase que exclusivamente às terras virgens, sobretudo depois da derrubada da floresta, atualmente devido a falta da floresta virgem, planta-se café nas terras velhas



adubadas convenientemente (KRUG et al., 1965).

Embora haja tendência no aumento da produção por unidade de área, o rendimento ainda é baixo, o que se podem explicar por várias causas, como a existência de cafezais decadentes; incidência e falta de controle da ferrugem e outras pragas e moléstias; pequeno número de plantas por há<sup>-1</sup>; falta de condução adequada do cafeeiro através das podas; falta de adubação e calagem (RENA et al., 1986).

### **2.3.1. Finalidade da Adubação**

A adubação tem a finalidade de fornecer de forma complementar, os nutrientes requeridos pela lavoura de café, suprindo e somando-se à disponibilidade existente no solo. A fertilidade ou a disponibilidade de nutrientes no solo decorre da liberação que ocorrem do material de origem do solo; mais o suprimento por chuvas (N e S); mais a decomposição de matéria orgânica, natural do solo ou a reciclagem de plantas daninhas e de folhas, galhos e raízes do cafeeiro; mais resíduos de adubos aplicados em anos anteriores (MATIELLO et al., 2006).

### **2.3.2. Macronutrientes**

São os nutrientes exigidos em maiores quantidades para a planta, como o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). O N é constituinte em vários compostos em plantas, destacando-se aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila. Assim as principais reações bioquímicas em plantas e microorganismos envolvem a presença do N, o que o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades por plantas cultivadas. Além disso, o N apresenta grande versatilidade nas reações de oxirredução e está presente em vários estados de oxidação, de formas bastante reduzidas (-3), como o  $\text{NH}_4^+$ , até oxidadas (+5), como o  $\text{NO}_3^-$ , o que lhe confere especial importância nos ciclos biogeoquímicos e no metabolismo das plantas (NOVAIS et al., 2007).

As plantas são capazes de absorver N do meio em diferentes formas como  $\text{N}_2$ , caso de leguminosas pela fixação biológica do N. Ele é facilmente redistribuído nas plantas via floema, na forma de aminoácidos. Quando o suprimento de N pelo meio é insuficiente, ele é mobilizado das folhas velhas para outros órgãos e folhas mais novas. Conseqüentemente, as plantas deficientes em N mostram os sintomas primeiramente nas folhas velhas, que se caracteriza por uma clorose

(amarelecimento), posteriormente generaliza pelas folhas novas em consequência da redistribuição (FAQUIN, 2005).

O P é um insumo mineral finito e insubstituível, e entre os macronutrientes, é talvez o elemento que mais se fala e escreve, porém poucas são as respostas obtidas. O P tem vital importância para a vida da planta, do animal e do homem; é um elemento que limita a produção, particularmente nos trópicos (SANCHEZ; SALINAS, 1981).

Na litosfera, o teor total médio de P está em torno de  $2,8 \text{ g kg}^{-1}$ ; porém, muitos solos contêm de  $0,2$  a  $0,8 \text{ g kg}^{-1}$  (FASSBENDER, 1994).

O P tem como funções principais na formação da colheita:

- a) Acelera a formação das raízes, essencial para seu funcionamento como apoio mecânico e órgão de absorção da água e íons;
- b) Aumenta o perfilhamento das gramíneas (junto com o N), cereais ou forrageiras;
- c) Maior pegamento da florada (frutificação);
- d) Regulador de maturação;
- e) Mais viabilidade das sementes;
- f) Maior teor de carboidratos, óleo, gordura e proteínas;
- g) Quando deficiente causa menor vegetação e produção, qualidade e senescência precoce.

Possivelmente, o P é o nutriente que possui as maiores perdas devido a sua “fixação”, que esta associada ao alto grau de óxidos e hidróxidos de Al e Fe nos solos ácidos, e em menor proporção ao Ca nos solos corrigidos. Entretanto, não é perda permanente, dado o equilíbrio que existe entre as formas de P no solo, sendo as reações de transferências reversíveis (MALAVOLTA, 2006).

O P é absorvido pelas plantas, como ânion monovalente (ortofosfato biácido  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) e, em menor proporção, como o anion bivalente (ortofosfato monoácido  $\text{HPO}_4^{2-}$ ). O pH interfere na proporção em que essas formas de P estão disponíveis para absorção. As plantas podem utilizar outras formas de P, mas em menores quantidades do que o ortofosfato (NOVAIS et al., 2007).

No plantio de culturas perenes (cacaueiro, cafeeiro, citrus, eucaliptos, frutíferas arbóreas, pastagens, pinus, pupunha, etc.) é recomendado aplicar altas doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na cova ou no sulco de plantio. Essas doses são destinadas a elevar o P disponível a  $200 - 400 \text{ mg dm}^{-3}$ . A incorporação do P só se pode ser realizada

se for feita subsolagem para quebrar compactação (MALAVOLTA, 2006).

As adubações de cobertura com P são pequenas, comparadas ao N e K. Entretanto, no plantio e no período de formação do cafezal é de costume aplicar formulações relativamente ricas em  $P_2O_5$ , a exemplo das culturas anuais. Com as raízes explorando um volume cada vez maior de solo, consegue-se extrair a quantidade de P que a planta necessita, com respostas menos freqüentes ao  $P_2O_5$  nos ensaios de adubação (RENA et al., 1986).

A absorção de P segue a mesma tendência que a do N nas várias estações do ano, mais intensas na estação chuvosa e na época de crescimento dos frutos. Quando a exigência de P é alta, como acontece quando a produção é grande, o elemento é redistribuído das folhas adjacentes para o fruto, podendo então ocorrer desfolhamento.

A deficiência de P apresenta redução no crescimento, pois está presente nos processos de multiplicação e diferenciação celular, diminuindo a resistência contra doenças e com maturação precoce dos frutos, deixando a qualidade inferior (MALAVOLTA, 2006). O primeiro sintoma de deficiência de P é uma perda do brilho das folhas, sendo que em plantas com carga pesada de frutos, há mudança na cor das folhas (GEUS, 1973), amarelo brilhante, amarelo róseo, vermelho escuro, marrom arroxeadado, inicialmente na ponta e depois tomam todo o limbo. No cerrado do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, Matiello *et al.* (1983) observaram que após a colheita, na época do aparecimento das gemas florais no período seco, as folhas do terço superior da planta se inclinam para baixo, aproximando-se dos ramos secundários apresentando 0,045% de P (folhas normais têm 0,11%). Apresentam também ângulos foliares mais estreitos, gemas laterais dormentes, número reduzido de frutos e sementes, atraso no florescimento. Dificilmente constata-se sintomas de excesso, mas se houver pode induzir a deficiência de micronutrientes (MALAVOLTA, 2006).

A exigência de P para a formação do fruto do café é proporcional ao acúmulo de matéria seca e a sua absorção é a menor dentre os macronutrientes. A exportação pela colheita de uma produção excepcional de frutos (por exemplo, 60 sacas por hectare) não chega a  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  de P. Isso pode explicar em parte a usual falta de resposta dessa planta a adubação fosfatada (BATAGLIA, 2003).

As recomendações de adubação para o cafeeiro no Brasil são regionalizadas. Existem diversos critérios para diagnose nutricional e diversas

tabelas de recomendação.

Apesar da pequena resposta observada para a aplicação de P no cafeeiro, experimentos recentes em cafezais adensados mostram aumentos significativos na produção devidos à aplicação deste nutriente (BATAGLIA, 2003).

Há duas recomendações básicas para a aplicação de P no cafeeiro, uma é a adubação de plantio (de acordo com a análise de solo) e a outra é a de produção (de acordo com a disponibilidade de P no solo e a produtividade da lavoura). Em geral a adubação de plantio, aplicada na cova ou em sulco é suficiente para os dois anos iniciais da cultura. A partir do terceiro ano inicia-se o programa de adubação de produção (fertilizante fosfatado em aplicação única durante o ano no início da estação chuvosa, ou, caso haja conveniência, pode ser também parcelado, aplicado em superfície, numa faixa em sua maior parte abaixo das copas das árvores) Bataglia (2003).

O K está presente nos processos de contato com a raiz, em que predomina o da difusão; vias e mecanismos de absorção, com a participação de canais, carregadores, ATP e ATPase; cinética de absorção por raízes e folhas; indica a semelhança das hipérbolas descrevendo absorção x concentração externa; translocação de açúcares; abertura e fechamento dos estômatos; regulação osmótica; envolvido na fotossíntese, começando pelo funcionamento dos estômatos e continuando pela fixação do gás carbônico em presença de luz (MALAVOLTA, 2006).

A elevada quantidade de K nas partes vegetativas e pericarpo (exocarpo) dos frutos do cafeeiro demonstram que esse elemento desempenha um papel dominante na nutrição dessa rubiácea. Altos teores de K estão associados a altas colheitas, com a hipótese de “alimentação de luxo” devendo ser afastada. Sua exigência aumenta muito com a idade, tornando-se mais intensa quando a planta atinge a maturidade, devido às quantidades adicionais existentes nos frutos cereja. Os frutos em desenvolvimento aparentemente retiram K das folhas adjacentes (RENA et al., 1986).

A deficiência de K na planta apresenta-se com o amarelecimento e posterior necrose nas pontas e margem das folhas mais velhas. É difícil identificar no campo face ao pequeno tempo entre o início da deficiência a queda da folha, ocorrendo normalmente no início da granação até a maturação dos frutos. A visualização de deficiência de K é mais comum no período de granação, devido principalmente por

uma adubação mal feita, sendo mais comum nos anos de carga alta e calagem excessiva, ocorrendo antagonismo com Mg e Ca (MATIELLO et al., 1986).

As quantidades de Ca nas raízes, caules e ramos do cafeeiro são da mesma ordem de grandeza que as de K, nas folhas são aproximadamente a metade, enquanto nos frutos a quantidade de Ca é na proporção de 1/4 para o K. Há uma grande necessidade desse elemento para o crescimento das raízes (FRANCO; INFORZATO, 1949).

A produtividade de muitos cafezais está dependendo da presença de Ca, sendo predominante no complexo coloidal. Dentro de certos limites, elevando-se o teor de Ca no solo, eleva-se a produção do cafeeiro. A análise de folhas dos cafezais indica altos teores de Ca nos cafezais de maiores produções. Os solos de cerrado são notoriamente ácidos e, portanto, mais pobres em cálcio (RENA et al., 1986).

O Ca é um elemento pouco móvel na planta, apresentando deficiência nas folhas mais novas tornando-as de cor verde pálido da margem para o centro. Quando a falta de Ca se agrava, as folhas novas tornam-se esbranquiçadas e permanecem somente com a nervura central verde. Nesta fase pode ocorrer morte das pontas dos ramos, posteriormente as folhas novas, além de esbranquiçadas, aparecem áreas (pontuações) necróticas. No sistema radicular ocorre morte das extremidades das raízes, debilitando-o principalmente no período da seca. Ocorrem também desfolha e seca generalizada dos ramos. A deficiência é maior em solos ácidos, associada à ação tóxica do Al e Mn, principalmente em áreas do cerrado, chapada e solos depauperados, onde não se procede a calagem (MATIELLO et al., 1986).

O Mg não é um nutriente normalmente usado em adubações e sim nas calagens, não há muitos dados de respostas de culturas a Mg. Contudo as deficiências têm ocorrido com certa freqüência em solos ácidos, sendo agravados em culturas que recebe aplicações elevadas de K (FAQUIN, 2005).

A função mais conhecida do Mg é a compor a molécula da clorofila, que são porfirinas magnesianas. É responsável também pela ativação enzimática; o Mg ativa mais enzimas que qualquer outro elemento da planta. Neste caso o principal papel do Mg é atuar como cofator de enzimas fosforilativas, formando uma ponte entre o pirofosfato do ATP ou ADP e a molécula da enzima (FAQUIN, 2005).

Quase todas as enzimas fosforilativas (incorporação ou transferência de Pi)

dependem da presença do Mg que forma uma ponte entre o ATP e o ADP e a molécula de enzima. A transferência de energia desses dois compostos é fundamental nos processos da fotossíntese (fase luminosa e escura), respiração (glicólise e ciclo dos ácidos tricarboxílicos), reações de síntese de compostos orgânicos (carboidratos, lipídeos, proteínas) absorção iônica e trabalho mecânico, como o aprofundamento e expansão da raiz. Em algumas das reações de transferência o  $Mg^{2+}$  pode ser substituído, ainda que menos eficientemente, pelo  $Mn^{2+}$  e outros cátions. A absorção de  $H_2PO_4^-$  é máxima na presença do  $Mg^{2+}$ : esse papel de “carregador do P” se explica, possivelmente pela sua participação na ativação da ATPase da membrana implicada na absorção iônica e na própria geração do ATP na fotossíntese e na respiração (MALAVOLTA, 2006).

O Mg é bastante móvel na planta e seu transporte e distribuição ocorrem na forma iônica (FURLANI, 2004). Os sintomas de deficiência apresentam nas folhas velhas que ficam amareladas, com clorose entre as nervuras que permanecem verdes e progride com intensidade (MATIELLO et al., 1986). Além disso, ocorre redução da produção e com a queda de folhas, alternância de safras em plantas perenes, fica acentuada (NOVAIS et al., 2007).

Alguns pesquisadores dizem que o S é o nono elemento mais abundante no planeta. É absorvido pelas plantas, principalmente na forma inorgânica como  $SO_4^{2-}$ , depois é reduzido e incorporado a compostos orgânicos e tem como funções a produção de aminoácidos, proteínas e clorofila, e é um componente de vitaminas e de alguns hormônios da planta. Melhora o crescimento da raiz provendo seu vigor (NOVAIS et al., 2007).

As deficiências de S caracterizam-se primeiro nas folhas mais novas com clorose e diferentes colorações, enrolamento das margens das folhas, necrose e desfolhamento, internódios curtos, redução no florescimento e nas leguminosas menor nodulação (MALAVOLTA, 2006).

### **2.3.3. Micronutrientes**

São os nutrientes absorvidos pelas plantas em menores quantidades. São eles o boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), molibdênio (Mo), manganês (Mn) e alguns outros de menor importância.

O B é encontrado na fase sólida do solo, nos minerais silicatados, adsorvido em argilominerais, matéria orgânica e nos hidróxidos de Al e Fe. Está em vários

processos biológicos e pode atuar em alguns sistemas enzimáticos como constituinte ou como componente ativo e essencial do substrato onde tem lugar e reação biológica. Importante na translocação de açúcares e metabolismo de carboidratos, e atua no florescimento, crescimento do tubo polínico, processos de frutificação, no metabolismo do N e na atividade de hormônios (NOVAIS et al., 2007). Apresenta sintomas de deficiência, como folhas pequenas, clorose irregular ou sem clorose de formas deformadas, mais grossa e quebradiças, com nervuras suberificadas e salientes, morte do meristema apical do caule. A regeneração das gemas auxiliares pode dar galhos em leque na parte do ramo principal ou do caule, aspecto de arbusto (no pinheiro), clorose, margens necróticas, deformação das folhas ocorrem diferentemente nas várias espécies. As raízes podem escurecer e engrossar as pontas, e posteriormente necrosar e ramificar. O florescimento pode não ocorrer e os frutos nascem deformados com lesões externas e internas (MALAVOLTA, 2006).

O Zn é um micronutriente que atua como cofator enzimático e essencial para a atividade, regulação e estabilização da estrutura protéica. É absorvida na forma  $Zn^{2+}$  tanto pela raiz como pela folha. Sua mobilidade na planta é baixa, com seu conteúdo concentrado na raiz, já nos frutos encontra-se sempre em menor escala. Seu conteúdo pode ser afetado pelo pH do solo, de forma que o Zn se encontra mais disponível em solos ácidos do que em solos alcalinos (NOVAIS et al., 2007).

A deficiência de Zn induz a diminuição do comprimento dos internódios com a formação dos tufos terminais nas folhas. As folhas pequenas estreitam e ficam alongadas e a produção diminui (MALAVOLTA, 2006).

O Cu é um elemento pouco móvel na planta, embora existam resultados que mostram o movimento de Cu de folhas velhas para folhas novas e que seu movimento no interior da planta é dependente da concentração, (LONERAGAN, 1975). Uma fração considerável do Cu nos tecidos das plantas parece estar ligada a plastocianina e alguma fração protéica, ocorrendo acúmulo do elemento, em órgãos reprodutivos das plantas, existindo variações entre espécies. É um constituinte de certas enzimas (NOVAIS et al., 2007).

Em plantas com sintomas de deficiência de Cu apresenta folhas inicialmente, verde-escuras tornando-se cloróticas nas pontas e margens, posteriormente, encurvam-se e as nervuras podem ficar muito salientes, ocorre “dieback” (morte descendente) de gemas múltiplas (MALAVOLTA, 2006).

O Fe tem sua absorção, pelas plantas, metabolicamente controlada (CHANEY et al., 1972). A principal função do Fe é a ativação das enzimas, atuando como grupo protéico. Participa em reações fundamentais de óxido redução, tanto em hemoproteínas como em proteínas não-hémicas com ligação Fe-S como ferredoxina e enzimas redutase, nitrogenase e sulfato-redutase. Catalisa a biossíntese e faz parte da ferredoxina. Apresenta baixa mobilidade na planta, que é afetada negativamente por vários fatores, como o elevado conteúdo de P, deficiência de K, quantidade elevada de Mn e baixa intensidade luminosa. A presença de bicarbonato no meio radicular reduz a mobilidade do Fe nos tecidos vegetais (NOVAIS et al., 2007).

Por ser pouco móvel nas plantas, as alterações provocadas por falta de Fe aparece nas folhas novas como clorose (rede verde fina das nervuras sobre fundo amarelado) seguida de branqueamento. O padrão coincide com a distribuição do Fe no tecido, sendo que sua falta provoca diminuição no crescimento e na frutificação (MALAVOLTA, 2006).

O Mo é um elemento relativamente raro (REISENAUER, 1963). É moderadamente móvel nas plantas, entretanto não se sabe a forma como é translocado na planta. Atua na enzima nitrato-redutase das raízes, colmos de plantas superiores e em plantas com formação modular para fixação de N<sub>2</sub> da atmosfera, concentra-se quase todo na raiz, atuando na enzima nitrato redutase (NOVAIS et al., 2007).

A falta de Mo ocasiona sintomas de deficiência como clorose malhada geral, manchas amarelo-esverdeadas ou laranja brilhante em folhas mais velhas e depois necrose (manchas relacionadas à distribuição de Mo), com murcha das margens e encurvamento do limbo para cima (tomateiro) ou para baixo no cafeeiro. Áreas úmidas e translúcidas podem ocorrer em algumas espécies, assim como a floração pode ser suprimida e falta de N e menor nodulação em leguminosas (MALAVOLTA, 2006).

O Mn é facilmente absorvido pelas plantas, quando ocorre na forma solúvel no solo, existindo uma relação direta entre o teor solúvel do elemento no solo e a concentração na planta. Existe uma correlação negativa entre o teor de Mn nas plantas e o aumento do pH e correlação positiva com o teor de matéria orgânica no solo (NOVAIS et al., 2007).

O Mn é necessário na síntese de clorofila e exercendo função principal na



ativação de enzimas especialmente as do metabolismo secundário. Participa no funcionamento do fotossistema II, sendo responsável pela fotólise da água. Atua no balanço iônico como um contra-íon, reagindo com grupos aniônicos (DECHEN et al., 1991).

Os sintomas de deficiência de Mn são manifestados em folhas mais novas através de cloroses, ficando a folha verde nas nervuras sobre fundo amarelado, seguida de branqueamento, com manchas pequenas e necróticas nas folhas e formas anormais nas folhas (MALAVOLTA, 2006).

#### **2.3.4. Adubação de Cafeeiro Podado**

Vários estudos têm evidenciado a importância do estado nutricional do cafeeiro após o período de inverno. Matta et al. (1999) comenta que os cafeeiros supridos com N durante o inverno crescem mais rápidos e vigorosamente durante o estágio de crescimento seguinte. Esse crescimento mais vigoroso se deve à maior concentração de aminoácidos e carboidratos nas raízes, que depois são mobilizados para as novas brotações. Como a poda é realizada logo após o inverno, ou seja, em agosto/setembro, o sucesso dependerá do estado nutricional do cafeeiro (THOMAZIELLO, 2008).

A) Decote e desponte: é uma adubação igual aos cafeeiros em produção, que deve ser balanceada pela safra pendente, análise de solo e foliar.

B) Esqueletamento: se os teores de P e K estiverem em níveis adequados podem até ser suprimidos no primeiro ano após a poda, quando a produção é zero, com a adubação restrita ao fornecimento de N. Essa adubação deve ser iniciada com doses menores e aumentada à medida que a área foliar do cafeeiro é ampliada. Sugere-se aplicar em torno de 250 a 300 kg há<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N. No ano seguinte, de alta produção, o cálculo e o balanceamento deverão ser feito com base na carga pendente, análise de solo e foliar.

C) Recepa: tanto na recepa alta como na baixa, as adubações devem ser iniciadas após a primeira desbrota, com o parcelamento nos moldes das lavouras normais. No caso da recepa baixa, desde que a lavoura tenha um histórico nutricional adequado não é necessário realizar adubação no primeiro ano. Na recepa alta, com presença de ramos pulmões, o desenvolvimento do cafeeiro é maior que na recepa baixa, havendo no primeiro ano uma demanda maior de nutrientes.

Caso o cafeeiro não tenha bom desenvolvimento, podem-se efetuar dois parcelamentos de N, à razão de 120 a 150 kg há<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A partir do segundo ano, quando houver produção, aumenta-se a dose de N de acordo com a produção, além da aplicação do P e K. Do terceiro ano em diante, segue-se a recomendação de lavoura normal em produção, em que se consideram as análises de solo, de folhas e a safra pendente (THOMAZIELLO, 2008).

## **2.4. Fósforo em Algumas Culturas Perenes**

### **2.4.1. Citrus**

A manutenção de produtividades econômicas é impossível sem a reposição de nutrientes extraídos pelas plantas e exportados através da colheita. Considerando-se 1.000 caixas ha<sup>-1</sup>, tem-se que a exportação do P em um pomar de laranja produtivo (>40 t ha<sup>-1</sup>) seria de aproximadamente 5,81 kg de P ou 13,3 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectare (CRESTE, 2003).

O número de frutos por árvore, e conseqüentemente a colheita, aumenta significativamente ao se elevar a concentração de P nas folhas. Níveis foliares de P em plantas cítricas variando de 1,2 a 1,6 g kg<sup>-1</sup> em ramos de folhas frutíferos são aceitos como adequados para o elemento.

As quantidades de P a serem aplicadas variam em função dos teores desse nutriente no solo, idade das plantas e expectativa de produção. Apesar da importância da citricultura no contexto econômico brasileiro e, por outro lado, da importância da nutrição, e da adubação na produtividade das lavouras cítricas, não existe muitos trabalhos referentes à adubação (CRESTE, 2003).

### **2.4.2. Eucalipto**

Os reflorestamentos no Brasil têm se concentrado em solos com baixa reserva de nutrientes, acidez elevada e altos teores de Al. Nesses solos, a deficiência de P frequentemente menos encontrada que a de K e B. No entanto, considerando a baixa fertilidade dos solos florestais, a aplicação de P tem sido essencial para o aumento e manutenção da produtividade das florestas implantadas (SILVEIRA, 2003).

A exigência de P diminui com o aumento da idade da floresta, em razão disso, o nível crítico de P no solo é mais alto na fase inicial do desenvolvimento. Daí a importância do fornecimento de fontes com alto teor de P disponível na adubação

de plantas, como os superfosfatos, com o objetivo de promover maior crescimento inicial da floresta.

A quantidade média exportada pela casca e madeira do eucalipto é de 25,3 kg ha<sup>-1</sup> P, que equivaleria a uma reposição de 57,9 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Portanto, para que a quantidade exportada seja repostada, é necessária a aplicação de, no mínimo, 135 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo ou 193 kg ha<sup>-1</sup> de fórmula (06-30-06) ou 322 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples ou 362 kg ha<sup>-1</sup> de termofosfato magnésiano (16% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico) ou 644 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural reativo (9% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico). No entanto, a aplicação dessa quantidade não garantiria a sustentabilidade das próximas rotações, principalmente em solos argilosos, onde a adsorção de P pelos minerais de argila e óxidos de Fe e Al é alta. Nesse caso, haveria a necessidade de se utilizar doses maiores para manter o fornecimento adequado de P no próximo ciclo. Uma das alternativas, além da localização do adubo fosfatado, seria a seleção de genótipos mais eficientes na absorção e translocação de P (SILVEIRA, 2003).

## **2.5. Fontes de Fósforo**

### **2.5.1. Adubos Orgânicos**

O primeiro material com alto teor de P usado foi a farinha de ossos, que retira-se a gordura e a gelatina dos ossos, por extração química ou por meio de calor, obtendo-se assim um produto de mais fácil decomposição no solo. A farinha de ossos possui cerca de 25 a 30% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 2 a 5% de N. Um fator importante que influi na solubilidade desse fertilizante, é o grau de moagem (JORGE, 1969).

As fosforitas são adubos de origem orgânica, formadas pela decomposição de organismos marinhos. São aconselhados para solos ácidos em virtude de se decomporem mais rapidamente. A fosforita de Olinda é constituída de uma mistura de fosfato de cálcio, argila e areia, sendo ainda recoberto por uma camada de calcário. A fosforita apresenta-se na forma de sedimentos grosseiros, ocupando camadas com a espessura média de 2,20 m, havendo localidades com camadas de 4 m. o material fosfatado acha-se a uma profundidade média de 40 m.

A fosforita trazida das jazidas para a usina de beneficiamento pode ter dois destinos. O primeiro seria o aproveitamento do material concentrado e simplesmente moído (28 a 30% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) esse fertilizante é aplicado ao solo sem passar por qualquer processamento químico. Como sua solubilidade não é muito alta,

aconselha-se sua utilização em solos ácidos e em culturas de ciclo longo. A segunda forma de aproveitamento da fosforita concentrada (30 a 32% de  $P_2O_5$ ) consiste em servir de matéria-prima na fabricação de superfosfato simples.

Outras fontes menos importantes de P, na forma orgânica, incluem o guano, o esterco e as tortas de oleaginosas (JORGE, 1969).

### **2.5.2. Adubos Minerais**

O adubo mineral fosfatado mais usual é o superfosfato, produzido desde 1840, com a adição do ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) em rocha fosfática, visando converter a apatita em fosfato monocálcico, solúvel em água. Nessa reação o excesso de Ca reage com o ácido originando o gesso. O  $H_2SO_4$  a ser adicionado é suficiente para diminuir a quantidade de fósforo bicálcico, menos solúvel no adubo, e o ácido não deve ser encontrado em excesso que forma um adubo com muito ácido fosfórico, com tendência à higroscopicidade (JORGE, 1969).

O fosfato de rocha é o material base usado para fabricar praticamente todos os fertilizantes fosfatados. Os depósitos mais importantes destas rochas são materiais de origem sedimentar, depositados em camadas sob os oceanos e com o passar de milhares de anos, elevados em massas de terras (LOPES, 1998).

As reservas mundiais de fosfato de rocha são enormes, de aproximadamente 40 bilhões de toneladas. Cerca de 35 a 40% desta quantidade pode ser economicamente recuperada sob condições tecnológicas atuais. Esta quantidade representa fosfato suficiente para as necessidades de consumo por centenas de ano. Com a mudança da economia, mesmo quantidades maiores podem ser recuperadas. Depósitos e produções significantes de fosfato de rocha estão localizados nos EUA, Marrocos, Togo, Rússia, Jordânia, China e Oceania.

Quase todo o fosfato de rocha é explorado por mineração superficial. Ele normalmente contém cerca de 15% de  $P_2O_5$  e precisa ser concentrado, para ser usado como fertilizante. Uma série de tratamentos remove a maior parte da argila e outras impurezas. Esse processo é chamado de beneficiamento. Após o beneficiamento, o fosfato de rocha é moído e normalmente sofre tratamentos para tornar o P mais solúvel. Entretanto, os fosfatos de rocha, principalmente os reativos, são aplicados diretamente como fertilizantes em solos ácidos em alguns países. Geralmente nesses casos, as doses aplicadas são altas (aproximadamente  $1 \text{ t há}^{-1}$ ) e atingem produções comparáveis àquelas obtidas com fertilizantes comerciais. As

produções aumentam em um ano e são mantidas por vários anos à medida que o P e o Ca se dissolvem e tornam-se disponíveis para as plantas (LOPES, 1998).

Os fertilizantes fosfatados são classificados em tratados com ácido e processados termicamente. Alguns fertilizantes contendo P (os mais comuns) e seus processos de fabricação são descritos a seguir (LOPES, 1998):

A) Super fosfato simples ou normal – é fabricado tratando-se o fosfato de rocha com 60 a 72% de ácido sulfúrico. O superfosfato simples contém cerca de 18% de  $P_2O_5$ , 18 a 20% de Ca e 10 a 12% de S. Este produto não é mais de uso generalizado em muitos países, embora seja uma fonte adequada principalmente de P e S. Uma vez que ele absorve amônia, tem sido usado para produzir superfosfatos amoniados.

B) Superfosfato concentrado ou triplo – é obtido da reação do ácido fosfórico com fosfato de rocha. Contém um mínimo de 41% de  $P_2O_5$  e 12 a 14% de Ca.

C) Ortofosfato de amônio – são produzidos pela amoniação do ácido fosfórico. O fosfato de monoamônio (MAP), com o mínimo de 9% de N e 48% de  $P_2O_5$ , e o fosfato de diamônio (DAP), mínimo de 16% de N e 45% de  $P_2O_5$ , é produzido pelo controle da quantidade de amônio que reage com o ácido fosfórico.

D) Polifosfatos de amônio – são usualmente fontes fluidas de P, produzidas pela amoniação do ácido fosfórico. Esses polifosfatos apresentam uma amplitude de 40 a 70%. Análises comuns de fertilizantes polifosfatos líquidos são 10-34-0 e 11-37-0.

E) Nitrofosfatos – são fabricados pela acidulação de fosfato de rocha com ácido nítrico. Para a obtenção de um material com mais solubilidade em água, algum ácido sulfúrico ou ácido fosfórico é usado com o ácido nítrico. A maior parte dos nitrofosfatos é produzida e utilizada na Europa. No Brasil, a garantia mínima desses produtos é 14% de N, 18% de  $P_2O_5$  e 8 a 10% de Ca.

F) Superfosfatos amoniados – são obtidos reagindo-se o superfosfato simples ou o superfosfato triplo com a amônia. Eles são disponíveis em diferentes concentrações e solubilidade em água. A solubilidade do P em tais fertilizantes é influenciada por fonte de fosfato, grau de amonificação, teor de impureza (outros sais), teor de umidade, velocidade de secagem, etc.

G) Fosfatos naturais – são obtidos pela moagem das apatitas ou fosforitas para aplicação direta no solo. Esses fosfatos naturais formam, em geral, dois grupos distintos:

a) fosfatos naturais pouco reativos – são aqueles de origem magmática e de baixa eficiência no curto prazo para culturas anuais e bianuais. Apresentam 24% de  $P_2O_5$  total, mínimo de 4% solúvel em ácido cítrico e 23 a 27% de Ca.

b) fosfatos naturais reativos – de origem sedimentar. Apresentam 28% de  $P_2O_5$  total, mínimo de 9% solúvel em ácido cítrico e 30 a 34% de Ca. São produtos excelentes, comparáveis às fontes de P solúveis em água, em certas situações.

H) Termofosfatos – é obtido pelo aquecimento do fosfato natural a altas temperaturas (+/- 1.500°C) em fornos elétricos revestidos de material refratário, com ou sem o uso de aditivos à base de sódio, de cálcio, de magnésio ou apenas de sílica. A massa fundida é resfriada e posteriormente moída. O mais comum no Brasil é o termofosfato magnesiano com 17% de  $P_2O_5$  total, 14% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico e 7% de Mg.

I) Escória de Thomas – é um subproduto da indústria siderúrgica. O fósforo existente como impureza do minério de ferro é separado nas escórias e depois moído. Apresentam 12% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico, 20 a 29% de Ca e 0,4 a 3% de Mg. É pouco utilizada no Brasil (LOPES, 1998).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local do experimento

O experimento foi realizado no período de setembro de 2007 a outubro de 2008, na Fazenda Grama, município de Guaxupé (MG), cujas coordenadas são: -21° 17' 05" (latitude) e 46° 38' 41" (longitude) e 988 m de altitude. O clima da região na época da do experimento pode ser visto na Tabela 1. O solo é um Latossolo Vermelho Eutrófico (Tabela 2), declividade de 3% e elevado teor de argila (48%).

Tabela 1 - Componentes climáticos da região de Guaxupé.

2007/08	UR	Evapotranspiração	Precipitação	T°C x	T°C x	T°C x
	%	mm	mm	Máx.	Min.	média
Setembro	49,7	80,7	23,0	29,7	16,1	22,9
Outubro	58,0	89,6	103,8	30,6	18,1	24,3
Novembro	71,2	88,7	157,2	27,6	17,9	22,7
Dezembro	71,3	91,6	151,2	28,6	18,4	23,5
Janeiro	70,2	103,5	265,6	27,1	18,5	22,8
Fevereiro	67,6	94,5	178,4	28,1	18,5	23,3
Março	74,8	109,1	234,9	27,5	17,2	22,3
Abril	73,5	85,2	175,1	26,3	16,7	21,5
Maio	70,5	84,4	30,3	24,0	12,5	18,2
Junho	70,3	78,1	3,6	24,1	13,2	18,6
Julho	58,0	84,5	0,0	24,6	10,6	17,6
Agosto	59,0	86,5	12,2	27,2	14,2	20,7
Setembro	44,6	90,7	76,5	27,0	14,5	20,7

Fonte: Adaptado de COOXUPÉ. Base de dados da estação meteorológica convencional

Tabela 2 - Resultado análise de solo onde foi instalado do experimento

	pH	M.O.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	Zn	Fe	Mn	Cu	B
cm	H <sub>2</sub> O	dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%	mg dm <sup>-3</sup>					
0-10	6,2	3,28	20,1	145	5,4	1,3	0,0	2,5	7,0	9,6	74	6,0	24	46	3,9	0,62
10-20	6,0	2,87	11,3	123	4,9	1,4	0,0	2,5	6,6	9,1	73	3,7	27	37	4,3	0,50
20-40	5,6	1,75	5,9	90	3,1	0,9	0,1	2,7	4,2	6,9	61	2,3	34	29	3,5	0,64

Fonte: Laboratório de Análise de Solos e Folhas da EAFMuz

#### 3.2. Variedade

A variedade de café utilizada foi o mundo novo IAC 379-19, com 44 anos de plantio, recém-recepaado (29/08/2007) (Figura 1 e 2), mantendo-se de 4 a 5 brotos por cova, com plantio duplo. A lavoura está instalada em espaçamento de 4 m entrelinhas e 1,5 m entre as covas.

### 3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, com a aplicação dos tratamentos ocorrendo no dia 13/11/2007. As parcelas experimentais foram constituídas por 6 plantas (Figura 3). Os tratamentos utilizados foram de acordo com a dosagem de  $P_2O_5$  e fonte, sendo:

- ⌘ T1 = 0 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>;
- ⌘ T2 = 53,3 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (200 g cova<sup>-1</sup>) - fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);
- ⌘ T3 = 106,5 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (400 g cova<sup>-1</sup>) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);
- ⌘ T4 = 213 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (800 g cova<sup>-1</sup>) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);
- ⌘ T5 = 426 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (1600 g cova<sup>-1</sup>) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);
- ⌘ T6 = 800 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (3200 g cova<sup>-1</sup>) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);
- ⌘ T7 = 1704 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (6400 g cova<sup>-1</sup>) – fonte termosfosfato – Yoorin (Mitsui);
- ⌘ T8 = 400 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> (1333 g cova<sup>-1</sup>) – fonte superfosfato simples – Bunge;

A composição química do termofosfato da empresa Mitsui com nome comercial Yoorin Máster 1 S é 16,0%  $P_2O_5$  total, destes 12,0% solúvel em ácido cítrico; 16,0% Ca; 6,0% Mg; 6,0% S; 0,1% B; 0,05% Cu; 0,15% Mn; 0,55% Zn e; 9,0% Si. A composição química do superfosfato simples utilizado é 18%  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico; 18% Ca e; 14% S.





**Figuras 1** – Lavoura a ser recepada. Guaxupé, MG



**Figuras 2** – Lavoura recém recepada. Guaxupé, MG



**Figura 3** – Altura do broto com um ano de experimento. Guaxupé, MG

### **3.4. Práticas culturais**

Procedeu-se a capina das parcelas por meio de enxada na linha e roçada mecanizada na entrelinha. Para controle do bicho mineiro (*Leucoptera coffeola*), foi feito à aplicação de 2 kg ha<sup>-1</sup> de Thiamethoxam (Actara 250 WG), principal praga do cafeeiro na região. A desbrota ocorreu nos dias 04/01 e 16/09 de 2008 deixando-se somente as hastes principais.

### **3.5. Avaliações**

#### **3.5.1. Número de Hastes Principais**

Número absoluto de hastes definitivas emitidas a partir do tronco. Avaliaram-se as 3 plantas centrais de cada parcela no dia 13/03 e 13/10/2008;

#### **3.5.2. Altura de Plantas**

Altura em cm, da base do broto até o ápice. Avaliaram-se as 3 plantas centrais de cada parcela no dia 13/03 e 13/10/2008;

#### **3.5.3. Diâmetro Caule**

Diâmetro do caule em cm, entre o 1º e o 2º entre nó do caule. Avaliaram-se as 3 plantas centrais de cada parcela no dia 13/03 e 13/10/2008;

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 3 – Diâmetro de caule e altura de brotos de cafeeiro recepado submetido a diferentes doses e fontes de  $P_2O_5$  em Guaxupé, 2008.

Tratamentos kg $P_2O_5$ ha <sup>-1</sup>	Diâmetro (cm)		Altura (cm)	
	120 daa*	350 daa	120 daa	350 daa
T1 (0 )	10,70 abc	15,00 a	58,62 a	81,45 b
T2 (53,3 ) – Termofosfato	10,29 abc	13,52 a	58,54 a	84,87 b
T3 (106,5) – Termofosfato	11,65 a	14,30 a	63,64 a	90,97 a
T4 (213) – Termofosfato	11,30 ab	14,97 a	57,92 a	82,22 b
T5 (426) – Termofosfato	10,25 abc	13,52 a	53,07 a	80,22 b
T6 (852) – Termofosfato	10,61 abc	14,50 a	60,97 a	83,30 b
T7 (1704) – Termofosfato	9,20 c	12,87 a	53,37 a	72,20 c
T8 (400) – Superfosfato simples	9,57 bc	13,15 a	53,63 a	76,62 c
<b>CV (%)</b>	<b>11,90</b>	<b>13,98</b>	<b>14,00</b>	<b>12,65</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si na coluna, a 5% de probabilidade pelo Teste de Duncan.

\* daa: dias após aplicação

Existiram diferenças altamente significativas entre os tratamentos com relação ao diâmetro dos brotos aos 120 dias após aplicação (daa), não sendo o mesmo observado aos 350 daa.

O tratamento 7 (1704 Kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>) foi o que resultou no menor diâmetro dos brotos aos 120 daa, demonstrando o efeito do excesso de fertilizante à planta, diferindo-se dos T3 e T4 (106,5 e 213 Kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>, respectivamente) que se mostram superiores (Tabela 3).

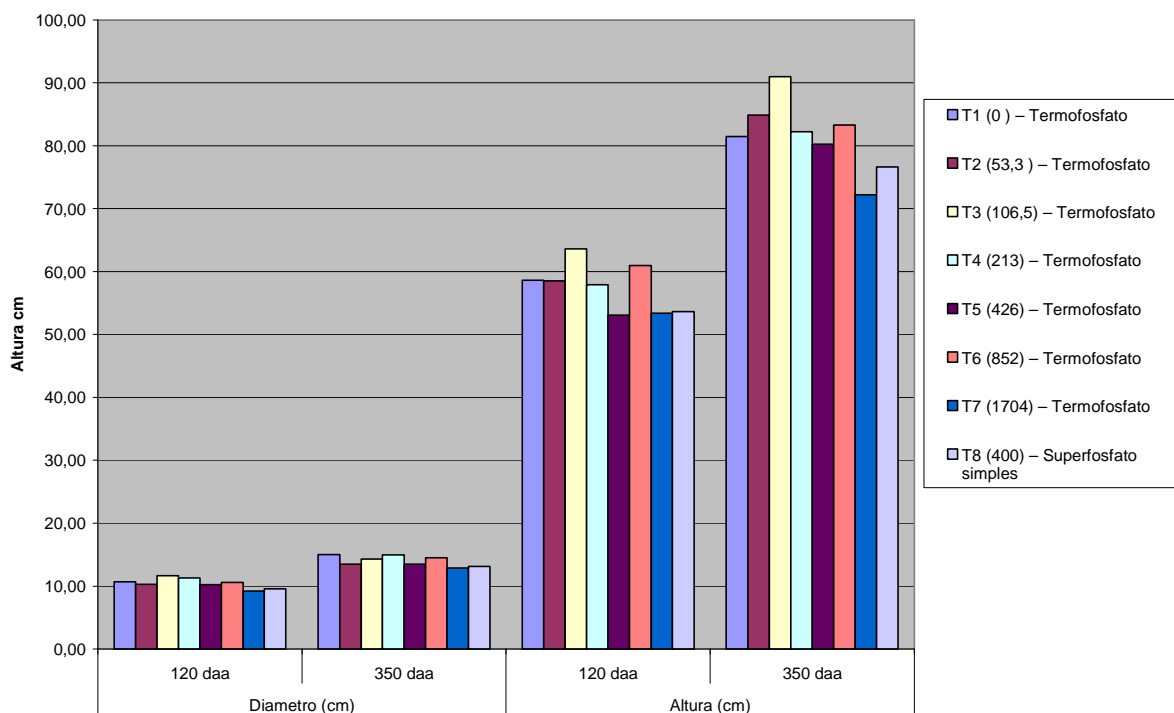
Com relação a altura dos brotos, não se analisou diferenças entre os tratamentos aos 120 daa. Porém, aos 350 daa existiram diferenças grandemente significativas entre os tratamentos, sendo a maior altura obtida no T3 (90,97 cm) superior as demais, e estatisticamente inferiores os tratamentos 7 e 8 com alturas, respectivamente, 72,20 e 76,62 cm, quase 20 cm menor que o T3.

O P acelera a formação das raízes, essencial para seu funcionamento como apoio mecânico e órgão de absorção da água e íons. Quando o P encontra-se deficiente causa menor vegetação e produção, qualidade e senescência precoce (MALAVOLTA, 2006), justificando assim um ótimo desenvolvimento observado no T3, que por sua vez não interferiu na absorção de nenhum outro nutriente, fazendo

com que a planta crescesse equilibrada.

O cafeeiro, antes da recepa, apresentando um ótimo enfolhamento e boas reservas, não necessita de adubação (THOMAZIELLO, 2008), porém o que se observa é que a adubação fosfatada na dose de 106,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (T3) ajudou grandemente no vigor dos brotos, apresentando estatisticamente (Tabela 3), maiores resultados se comparado a testemunha (T1).

Gráfico 1 – Diâmetro de caule e altura de brotos de cafeeiro recepado em duas épocas submetido a diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sob duas fontes no município de Guaxupé, 2008.



Em excesso no solo, o P inibe a absorção de alguns micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn) que estão ligados à fotossíntese, síntese de proteínas e lipídeos (MALAVOLTA, 2006), explicando o mal desenvolvimento nos tratamentos 6 e 7.

Gráfico 2 - Diâmetro de caule dos brotos de cafeeiro recepado em duas épocas submetido a diferentes doses de  $P_2O_5$  sob duas fontes no município de Guaxupé, 2008.

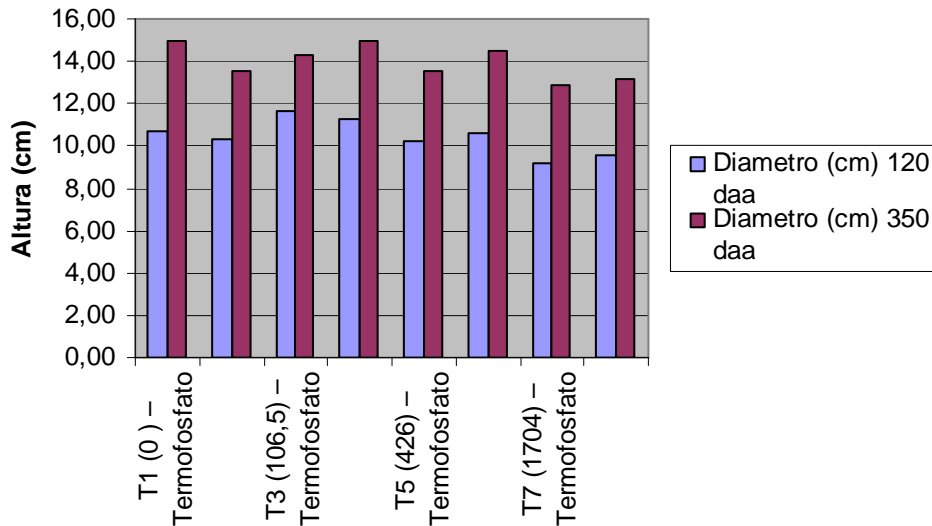
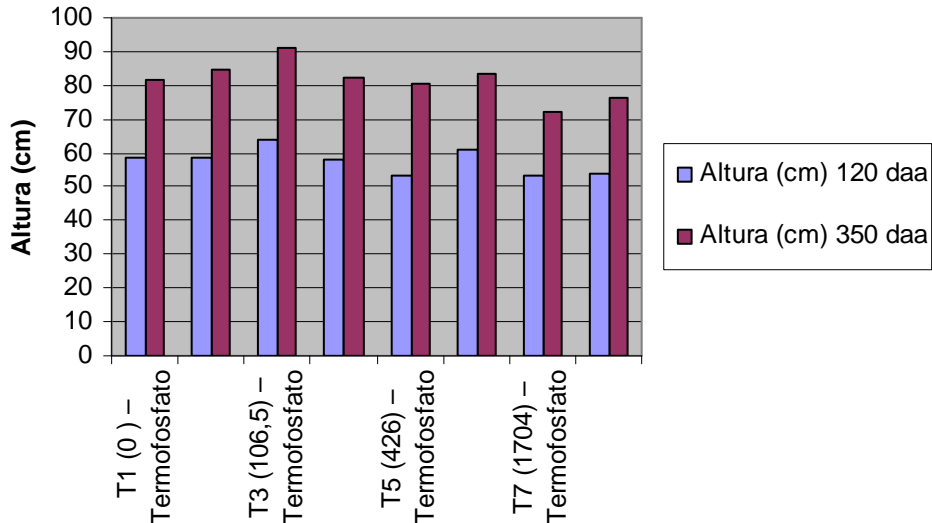


Gráfico 3 - Diâmetro de caule e altura de brotos de cafeeiro recepado em duas épocas submetido a diferentes doses de  $P_2O_5$  sob duas fontes no município de Guaxupé, 2008.



Este experimento exemplifica grandemente a Lei de Liebig (1840) na qual relata que não adianta um elemento estar em grande quantidade se outro não suprir a necessidade da planta.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados são restritos a essas condições e mostram que a melhor altura de rebrota das plantas foi o T3 (106,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) apresentado aos 350 dias após aplicação e que altas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> inibem o crescimento dos brotos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 2003. 46p.

BATAGLIA, O. C. **Resposta da cultura do café à adubação fosfatada**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003, 20p.

CANNEL, M.G.R. **Photoperiodic response of mature trees of arabica coffee**. Turrialba, 22:198-205, 1972.

CANNEL, M.G.R. Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review. **Kenia Coffee**, Nairóbi, v.41, n.484, p.245-253, 1976.

CARVALHO, A.; KRUG, C.A.; MANDES, J.E.T. O dimorfismo de ramos em *Coffea arabica* L. **Bragantia**, Campinas, 1950.

CHANEY, R.L.; BROWN, J.C.; TIFFIN, L.O. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. **Plant Physion**, 1972.

CRESTE, J.E. **Resposta da cultura Dos citrus à adubação fosfatada**. Presidente Prudente: UNOESTE, 2003, 20p.

CUNHA, R.L. **Efeitos da época de poda, altura de corte e adubações foliares na recuperação de cafeeiros depauperados**. 51f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELO, Q.A.C. **Funções de micronutrientes nas plantas**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991.

DEDECA, D. M. **Anatomia e Desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. Variedade Typica Cramer**. **Bragantia**, Campinas, 16:315-55, 1957.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2005. 183p.

FASSBENDER, H.W. **Química de solos**: con énfasis em suelo de America Latina.



San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1994. 422p.

FRANCO, C.M.; INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 6:443-78, 1949.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G>B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.40-75.

GEUS, J.G. **Fertilizer guide for the tropics and sub-tropics**. Zurich: Centre d'Etude de l'Azote, 1973. 774p.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; THEODORO, V.C.A. **Manejo da lavoura cafeeira**. Lavras: UFLA, 2004. 77p.

JORGE, J.A. **Solo manejo e adubação**: manual prático da ciência do solo. São Paulo: USP, 1969. 225p.

KUMAR, D. **Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. Kenya Coffee**, Nairobi,44:9-47, 1979.

KRUG, C.A. et al. **Cultura e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de POTASSA, 1965. 277p.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.

LONERAGAN, J.R. **The availability and absorption of trace elements in soil-plant systems and their relation to movement and concentrations of trace elements in plant**. In: NICHOLAS, D.J.D.; EGAN, A.R.(Eds.). **Trace elements in soil-plant-animal systems**. London: Academic Press, 1975. p.109-134.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: 2006. 638p.

MATTA, F.M.; AMARAL, J.AT., RENA, A.B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.60, 1999, p.223-229.

MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R.; CORREA, J.B.; PINHEIRO, M.R. Novas



observações sobre ocorrência de deficiência de fósforo em cafezais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 10., Poços de Caldas, 1983. **Anais...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983. p.35.

MATIELLO, J.B. et al. **Cultura de café no Brasil: pequeno manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC, 1986. 215p.

MATIELLO, J.B. **Sistemas de produção na cafeicultura moderna**. Rio de Janeiro, 1995. 102p.

MATIELLO, J. B.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **Adubos corretivos e defensivos para a lavoura cafeeira**: indicações de uso. Varginha: EMBRAPA, 2006.

MULLER, L.E. **Algumas deficiências minerais comunes em el cafeto (*Coffea arabica* L.)**. Turrialba: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1959. (Boletín Técnico, 4).

NOVAIS, R.F.; ALVARES, V.H.V.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, E.G.; COSTA, T.E. **Manual de podas do cafeeiro**: baysiston no cafeeiro. Equipe de desenvolvimento Bayer CropScienc. 2002. 8p.

RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMAHA, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. 447p.

SANCHEZ, P.H.; SALINAS, J.G. Low input technology for managing oxisols and utisols in tropical America. **Adv. Agronomy**, Madison, 34: 279-406. 1981.

SILVEIRA, R.L.A. **Resposta do eucalipto à adubação fosfatada**. Piracicaba: Potafos, 2003, 20p.

THOMAZIELLO, R.A.; PEREIRA, S.P. **Poda e condução do cafeeiro arábica**. Campinas: Instituto Agrônômico, (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 203). 2008. 39p.

WENT, F.W. **The experimental control of plant growth**. New York: The Ronald Press, (Chronica Botanica. An International Biological and Agricultural Series, 17). 1957. 164p.

WORMER, T. M. The growth of the coffee berry. **Annals of Botany**, London, 28: 47-55, 1964.