

FERNANDA ZEIDAN OLIVEIRA

**SENSIBILIDADE DA ANÁLISE FOLIAR À ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES
MINERAIS EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Júlio César Lima Neves

Coorientador: Hélio Garcia Leite

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

O48s
2023
Oliveira, Fernanda Zeidan, 1989-
Sensibilidade da análise foliar à acumulação de nutrientes
minerais em povoamentos de eucalipto / Fernanda Zeidan
Oliveira. – Viçosa, MG, 2023.
1 tese eletrônica (47 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Júlio César Lima Neves.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2023.

Referências bibliográficas: f. 45-47.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.021>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Eucalipto - Nutrição. 2. Análise foliar. 3. Solos - Manejo
Eucalipto - diagnose foliar. 4. Eucalipto - grau de balanço.
5. Eucalipto - linha de fronteira. I. Neves, Júlio César Lima,
1955-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Solos. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de
Plantas. III. Título.

CDD 22. ed. 572.42


FERNANDA ZEIDAN OLIVEIRA

**SENSIBILIDADE DA ANÁLISE FOLIAR À ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES
MINERAIS EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 25 de outubro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDA ZEIDAN OLIVEIRA**
Data: 18/07/2024 09:22:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Fernanda Zeidan Oliveira

Autora

Documento assinado digitalmente
 **JULIO CESAR LIMA NEVES**
Data: 18/07/2024 09:27:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Júlio César Lima Neves
Orientador

A Deus.

Ofereço

Aos meus pais que me apoiaram em tudo, foram compreensivos o tempo inteiro, me deram força a cada situação, incentivaram e torceram por mim.

Minha linda mãezinha magnífica, Nilma Zeidan, meu grande exemplo, minha melhor amiga, mulher forte, sábia, cheia de fé, com um coração mais do que lindo e cheio de amor. Minha rainha que me trouxe paz e tranquilidade a cada momento dessa linda trajetória.

Meu lindo pai Abdenego Mendonça, meu grande guerreiro, corajoso, o qual sempre me apoiou em tudo.

A minha irmã Natália Zeidan, por ser um grande exemplo em minha vida, por estar ao meu lado em todos os momentos, nos bons e difíceis, me aconselhando, fortalecendo, instruindo e me dando muito amor e força!

Ao meu maravilhoso esposo Elder de Lima Perpétua, por ser meu apoio na caminhada e por me trazer tranquilidade e segurança em todo tempo.

À toda minha família que amo demais e sei que sempre estará ao meu lado. Amo vocês!!!

Dedico com muito amor

AGRADECIMENTOS

Ao meu amado Senhor, meu Deus, salvador, redentor que tem feito maravilhas em minha vida a cada amanhecer e faz com que meus dias sejam magníficos pela alegria da salvação.

Aos meus maravilhosos pais, Maria Nilma Zeidan e Abdenego Mendonça, minha irmã Natália Zeidan, pela compreensão, apoio, carinho, atenção e amor que dedicaram e dedicam a mim sempre. Minha família, minha base, meu exemplo, instrumentos que me tornaram quem sou hoje.

A minha família Lima, meu grande amor, meu esposo Elder de Lima, minha sogra Marilda Lima, meu sogro Walter Perpétua (*in memoriam*), minhas cunhadas Alessandra Lima e Geciane Lima e aos meus concunhados, e ao meu cunhado Cristiano.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos, pelo curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador professor Júlio César Lima Neves, por estar comigo nessa linda jornada de aprendizado, conhecimento e amadurecimento. Por todo tempo dedicado a me instruir, direcionar, ensinar, fazer parte da construção dos valiosos conhecimentos os quais serão aplicados durante minha caminhada profissional. Por todo carinho, atenção e pela disponibilidade de sempre em me ajudar, muito obrigado professor!

Ao meu coorientador professor Hélio Garcia Leite, pelo carinho, atenção e conhecimentos repassados.

A todos os professores do DPS os quais contribuíram de alguma forma para minha formação acadêmica.

Aos estudantes do Departamento de Solos que estiveram comigo em todo esse tempo, que contribuíram com meu conhecimento e também me ajudaram no processo de crescimento e amadurecimento, tanto na área profissional quanto pessoal, pois, cada um deixou ensinamentos em minha vida que levarei por onde eu for.

Ao grupo GeFert, GEFIS, GERAD por todos os momentos de aprendizado.

À todos os funcionários do Departamento de Solos, aos técnicos dos laboratórios, em especial do laboratório de Fertilidade do solo, o qual foi o primeiro local que trabalhei ao chegar

na UFV, agradeço imensamente a recepção, apoio, atenção, carinho que recebi dos técnicos Luiz Carlos (Lula), Carlos Fonseca pelos grandes ensinamentos, pelo apoio, pela paciência ao repassar seus conhecimentos, Paulo, Jorge, que também me ajudaram no que precisei. Cláudio do laboratório de Física do Solo. Cardoso, Beto e Polliana Gonçalves do laboratório de Solos florestais, Antônio Carlos (Carlinhos) pela paciência na leitura das amostras, a este grande grupo deixo o meu imenso agradecimento, pois sem vocês não teria conseguido realizar minhas atividades do laboratório.

Aos meus grandes amigos, Milena Santa Brígida, Caio Buainain e sua esposa Rafaela Schaedler, Lauana Lopes dos Santos, José Aridiano Lima de Deus, Léo Moreira, Camila Campos, grupo maravilhoso que me recebeu aqui em Viçosa e que caminham comigo em cada etapa, pois mantemos as ligações, mesmo não estando perto fisicamente.

As minhas amigas Sara Brinati, Dani Costa, Jéssica Nunes, Valéria Cavalcante, Maria Cardoso, Maísa Quintiliano, Fernanda Almeida, Amanda de Abreu, Ana Altoé. Aos amigos Bernardo Amorim, Cristian Mauricio Vega e Daniel Nunes, por todas as discussões científicas que fizemos e foram muito enriquecedoras.

A minha amiga Karin da Costa Ribeiro Ferraz, por todo apoio, presença em cada etapa do doutorado, pelas discussões científicas, pela amizade que temos e pela grande parceria que fazemos nos estudos!

As minhas amigas Patrícia Ramalho de Barros e Rayanne Oliveira Teixeira por serem grandes exemplos em minha caminhada e por estarem comigo em todas as situações.

Ao professor Igor Rodrigues de Assis por sempre me apoiar e ajudar no que preciso.

Ao Dr. Sílvio Brienza Júnior por me enviar para Viçosa, confiar em meu trabalho, e me ajudar na realização de um dos meus sonhos que era vir para Viçosa dar continuidade aos meus estudos. Obrigada Dr. Sílvio pelo incentivo, apoio e confiança!!!

A equipe da Embrapa Amazônia Oriental Vanessa Gomes (minha chefinha, amiga e irmã), Cecília Ochoa, Maricélia Barbosa, Adélia Ferreira, Andresa Soares, Andreza Souto, Stephane Aguiar, Arllén Élida, Liliane Brabo, Raquel Poça e Yuki Murakami que me ajudaram desde o início do meu trabalho.

A família Colatino (Valdete, Mário Colatino, Vitória Colatino e Vinícius Colatino), que são minha família aqui em Viçosa. Muito obrigada por todo amor, atenção, apoio e carinho!!!

A minha amiga Goretinha (Gorette), pela amizade, pelos conselhos, pelo apoio, por todo carinho de sempre.

Por fim, à todos que fizeram parte desta minha jornada e que de alguma forma me ajudaram direta ou indiretamente. Vocês fazem parte da minha história.

BIOGRAFIA

FERNANDA ZEIDAN OLIVEIRA, filha de João Pedro Marques de Oliveira e Maria Nilma Zeidan Silva Oliveira, nasceu em Magalhães de Almeida, Maranhão, em 11 de abril de 1989.

Concluiu o ensino fundamental em 2003, na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Coronel Sarmiento, e em 2006, concluiu o ensino médio na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Avertano Rocha, ambas em Belém, Pará.

Em abril de 2009, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal Rural da Amazônia, UFRA, em Belém, Pará, graduando-se em setembro de 2013. Durante a graduação, foi estagiária de pesquisa na Embrapa Amazônia Oriental.

Em março de 2016, iniciou o curso de mestrado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, defendendo a dissertação em fevereiro de 2018.

Em agosto de 2019, iniciou o curso de doutorado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, defendendo a tese em outubro de 2023.

RESUMO

OLIVEIRA, Fernanda Zeidan, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2023. **Sensibilidade da análise foliar à acumulação de nutrientes minerais em povoamentos de eucalipto.** Orientador: Júlio César Lima Neves. Coorientador: Hélio Garcia Leite

A avaliação do estado nutricional de povoamentos de eucalipto, com base na análise foliar, faz parte dos programas de monitoramento nutricional, que também utilizam a análise de solo, e pode contribuir para o aprimoramento da fertilização e de seu manejo. A existência de populações de povoamentos de eucalipto com alta produtividade e acúmulo diferencial de nutrientes minerais suscita o interesse quanto à sensibilidade da análise foliar ao grau de acúmulo, maior ou menor, de nutrientes minerais. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a sensibilidade da análise foliar, seja quanto ao grau de balanço, seja quanto ao grau de equilíbrio, em relação à acumulação do nutriente em povoamentos de eucalipto, e contribuir para o aprimoramento da diagnose nutricional dessa cultura. Foram utilizados dois bancos de dados, um para povoamentos seminais (992 povoamentos) e outro para povoamentos clonais (2087 povoamentos), contendo resultados de análise foliar para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg, bem como resultados de inventário florestal e de conteúdo desses nutrientes na parte aérea de povoamentos de eucalipto cultivados em condições de sítio amplamente variáveis. Foram utilizados os seguintes métodos: a) a estratificação da população de alta produtividade de tronco conforme o grau de acumulação do nutriente na parte aérea das árvores, com base nos percentis 30 (30 % menores acúmulos do nutriente) e 70 (30 % maiores acúmulos do nutriente); b) no contexto da análise de envoltório, o método das linhas de fronteira para a identificação das populações com eficiências nutricionais máximas e mínimas e para a obtenção dos teores e das relações duais entre teores; c) para povoamentos clonais, as populações da linha de fronteira superior do relacionamento da produção de biomassa da parte aérea em função da idade foram estratificadas em concordantes (alta produção e alto acúmulo de nutrientes) e discordantes (alta produção e menor acúmulo de nutrientes). Em todos esses estratos populacionais, as médias de teores de N, P, K, Ca, Mg e das relações duais entre teores foram comparadas entre si com base no teste t para as médias e no teste F para as variâncias, a 5 % de probabilidade. Os resultados obtidos permitem concluir: os teores e as relações duais entre teores variam com o grau de acumulação do nutriente em povoamentos de eucalipto; há influência recíproca entre a acumulação de um nutriente sobre os teores foliares dos demais nutrientes; a análise foliar é sensível ao grau de acumulação do nutriente em árvores de eucalipto; valores de referência de

teores e de relações entre teores de nutrientes devem ser obtidos em populações que harmonizam alta produtividade e baixo acúmulo de nutrientes.

Palavras-chave: Eucalipto – diagnose foliar. Eucalipto – grau de balanço. Eucalipto - grau de equilíbrio. Eucalipto – linha de fronteira

ABSTRACT

OLIVEIRA, Fernanda Zeidan, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2023. **Sensitivity of Leaf Analysis to the accumulation of mineral nutrients in eucalyptus stands.** Adviser: Júlio César Lima Neves. Co-adviser: Hélio Garcia Leite

Assessment of the nutritional status of eucalyptus stands, based on foliar analysis, is part of nutritional monitoring programs, which also use soil analysis, and can contribute to improving fertilization and management. The existence of populations of eucalyptus stands with high productivity and differential accumulation of mineral nutrients raises interest regarding the sensitivity of foliar analysis to the degree of accumulation, greater or lesser, of mineral nutrients. The objectives of this work were to evaluate the sensitivity of leaf analysis, whether in terms of the degree of balance or the degree of balance, in relation to nutrient accumulation in eucalyptus stands, and to contribute to the improvement of the nutritional diagnosis of this crop. Two databases were used, one for seminal stands (992 stands) and another for clonal stands (2087 stands), containing leaf analysis results for the nutrients N, P, K, Ca and Mg, as well as forest inventory results and of contents of these nutrients in the aerial part of eucalyptus stands cultivated under widely varying site conditions. The following methods were used: a) stratification of the population with high trunk productivity according to the degree of nutrient accumulation in the aerial part of the trees, based on the 30th (30 % lowest accumulations of the nutrient) and 70th (30 % highest accumulations of the nutrient) percentiles of the nutrient); b) in the context of envelope analysis, the boundary line method for identifying populations with maximum and minimum nutritional efficiencies and for obtaining levels and dual relationships between levels; c) for clonal stands, the populations on the upper boundary line of the aerial part biomass production relationship as a function of age were stratified into concordant (high production and high nutrient accumulation) and discordant (high production and lower nutrient accumulation) . In all these population extracts, the average levels of N, P, K, Ca, Mg and the dual relationships between levels were compared with each other based on the t test for the means and the F test for the variances, at 5 % of probability. The results obtained allow us to conclude: the levels and the dual relationships between levels vary with the degree of nutrient accumulation in eucalyptus stands; there is a reciprocal influence between the accumulation of a nutrient on the leaf content of other nutrients; leaf analysis is sensitive to the degree of nutrient accumulation in eucalyptus trees; reference values for nutrient levels and relationships between nutrient levels must be obtained in populations that harmonize high productivity and low nutrient accumulation.

Keywords: Eucalyptus – leaf nutrient diagnosis. Eucalyptus – rocking grade. Eucalyptus – degree of balance. Eucalyptus – Boundary Line Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Gráfico de dispersão do relacionamento entre o conteúdo de K na parte aérea e o volume de tronco de povoamentos de eucalipto.....	18
Figura 2. Curva de Produção Volumétrica de tronco com a indicação dos pontos P1, P2 e P3.....	22
Figura 3. Acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea em função da produtividade de tronco em povoamentos seminais de <i>Eucalyptus</i>	28
Figura 4. Acúmulo do nutriente na parte aérea em função da produtividade de tronco em povoamentos clonais de <i>Eucalyptus</i>	29
Figura 5. Gráfico de dispersão do conteúdo do nutriente na folha em função da biomassa de folha, para povoamentos clonais de <i>Eucalyptus</i> das populações das linhas de fronteira superior (LFS) e inferior (LFI) do relacionamento entre o acúmulo do nutriente na parte aérea e a produtividade volumétrica de tronco.....	30
Figura 6. Partição (%) de biomassa de folha e de N na folha em função da idade das árvores, para as populações concordantes e discordantes da acumulação de N na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea.....	34
Figura 7. Partição (%) de biomassa de folha e de P na folha em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de P na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea.....	34
Figura 8. Partição (%) de biomassa de folha e de K na folha em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de K na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea.....	35
Figura 9. Partição (%) de biomassa de folha e de Ca na folha em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de Ca na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea.....	35
Figura 10. Partição (%) de biomassa de folha e de Mg na folha em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de Mg na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea.....	36

Figura 11. Gráficos de Dispersão para os teores foliares (g/kg) de N, de P, de K, de Ca e de Mg versus os conteúdos (kg/ha) desses nutrientes na parte aérea das populações concordante e discordante da acumulação desses nutrientes na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea.....37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Relação de municípios e suas coordenadas geográficas latitude (lat) e longitude (long), média de idade (id.) em anos, biomassa da parte aérea (BPA) em $t\ ha^{-1}$ e do somatório dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg (Σ macro) em $kg\ ha^{-1}$ e a precipitação média anual durante o período de cultivo (prec.) $mm\ período^{-1}$, radiação solar global média diária durante o período de cultivo (rad.) $MJ\ m^{-2}\ período^{-1}$ e a área basal média no momento do abate da árvore (abas) $m^2\ ha^{-1}$20
- Tabela 2. Médias e Variâncias de teores foliares de nutrientes e de suas relações duais em subpopulações de acúmulo do nutriente do nutriente na parte aérea de povoamentos clonais de eucalipto de alta produtividade de tronco.....25
- Tabela 3. Influência do acúmulo do nutriente na parte aérea sobre seu teor foliar e sobre o teor foliar de outros nutrientes, em povoamentos seminais e clonais de eucalipto.....31
- Tabela 4. Influência do acúmulo do nutriente na parte aérea sobre as relações duais entre teores foliares de nutrientes, em povoamentos seminais e clonais de eucalipto.....32
- Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre o conteúdo de N, de P, de K, de Ca e de Mg e os teores foliares desses nutrientes, nas populações concordantes e discordantes da acumulação de biomassa da parte aérea e da acumulação do nutriente na parte aérea.....36
- Tabela 6. Efeito da classe de idade sobre os teores foliares de N, P, K e Mg, e sobre suas relações duais, para as populações concordantes e discordantes da acumulação de biomassa da parte aérea e da acumulação desses nutrientes na parte aérea.....38
- Tabela 7. Influência do acúmulo de cada nutriente na parte aérea sobre seu teor e sobre o teor foliar dos demais nutrientes, na LFS.....40
- Tabela 8. Influência do acúmulo de cada nutriente na parte aérea sobre suas relações duais....41

Tabela 9. Frequência relativa de registros comuns para os nutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg) na população concordante e na população discordante da acumulação de biomassa da parte aérea e da acumulação do nutriente na parte aérea.....42

SUMÁRIO

1. – INTRODUÇÃO	16
1.1 - O Problema e Sua Importância.....	16
2 - MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 – Influência do grau de acúmulo do nutriente na parte aérea sobre os teores foliares de nutrientes em população de eucalipto clonal de alta produtividade de tronco.....	19
2.2 – Relacionamentos com base em análise de envoltório (linhas de fronteira).....	19
2.3 – Relacionamentos para as subpopulações concordantes e discordantes quanto à acumulação de nutrientes na parte aérea e à produção de biomassa de parte aérea	21
3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1 - Sensibilidade da análise foliar e influência do acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea nos teores de nutrientes.	23
3.1.1 – Influência do grau de acúmulo do nutriente na parte aérea sobre os teores foliares de nutrientes em população de eucalipto clonal de alta produtividade de tronco.....	23
3.1.2 – Resultados da análise de envoltório realizada neste trabalho	26
3.1.3 – Resultados para as subpopulações concordantes e discordantes quanto à acumulação de nutrientes na parte aérea e a produção de biomassa de parte aérea	33
4 – CONCLUSÕES.....	44
5 – REFERÊNCIAS.....	45

1. – INTRODUÇÃO

1.1 - O Problema e Sua Importância

O setor industrial de base florestal é de grande importância econômica, social e ambiental para o Brasil. Sua contribuição para o Produto Interno Bruto é significativa, como também para a balança comercial, em relação à qual contribuiu com US\$ 10,7 bilhões, em 2021 (IBÁ, 2022). No país, os povoamentos florestais abrangem 9,93 milhões de hectares, dos quais cerca de 75,8 % plantados com eucalipto (IBÁ, 2022). Aumentos na produtividade dos plantios e, ou, sua manutenção se já em níveis elevados são sempre desejáveis, e são obtidos, em grande parte, por meio da utilização de materiais genéticos superiores e de práticas de manejo, a exemplo de: definição de espaçamentos ótimos; de esquemas adequados de fertilização mineral (BARROS e NOVAIS, 2010) e da manutenção na área dos resíduos da colheita, práticas essas que visam direta ou indiretamente o aumento da disponibilidade e ou da eficiência de uso dos recursos água, luz e nutrientes pelas árvores (NEVES, 2000).

O NUTRICALC (BARROS et al., 1995), modelo que segue a filosofia de balanço nutricional entre a demanda do nutriente para obtenção da meta de produtividade florestal, por ocasião da colheita, e o suprimento do nutriente do solo, tem sido adotado, nas últimas décadas, por várias grandes empresas florestais do Brasil, para embasar as recomendações de adubações de povoamentos florestais. Atender ao balanço nutricional no sistema solo-povoamento é um dos pilares da sustentabilidade da produção florestal, notadamente nas condições de solo, altamente intemperizados e de baixa fertilidade natural que são, maioria nas regiões tropicais, proposição esta lastreada na conclusão de Barros e Comerford (2002).

O grau de acerto das recomendações de fertilização pode ser avaliado com base na diagnose foliar, ou seja, fazendo-se uso da própria planta, o alvo do processo de fertilização, para informar sobre o seu estado nutricional, pois os teores de nutrientes nas folhas podem refletir os fluxos de nutrientes no solo explorado pelas raízes (SILVA, 2001) e se correlacionam com a produtividade das culturas (EVENHUIS e WAARD, 1980), embora esse relacionamento não seja simples nem direto (BATAGLIA et al., 1992), uma vez que a boa nutrição é condição necessária, mas não suficiente para a obtenção de elevadas produtividades das culturas, pois, como apontado por TISDALE (1985) a nutrição é apenas um dentre dezenas de fatores de produção.

No Brasil, a elevada frequência de povoamentos clonais de eucalipto diagnosticados, com base em análise foliar, como tendo os nutrientes na classe Alto, e até mesmo maior do que na classe Suficiente (GALDINO, 2015), evidencia a existência de “consumo de luxo”, não

obstante boa parte desses povoamentos serem fertilizados com base no balanço nutricional, apontando para a necessidade de aprimorar o manejo da fertilização.

Outras informações importantes, obtidas nos povoamentos de eucalipto mais produtivos ao longo da rotação, são: a manutenção da condição nutricional na folha, avaliada pelo grau de balanço e de equilíbrio (GALDINO, 2015), e a manutenção da biomassa foliar em níveis mais elevados ao longo da rotação (CORDIDO, 2019).

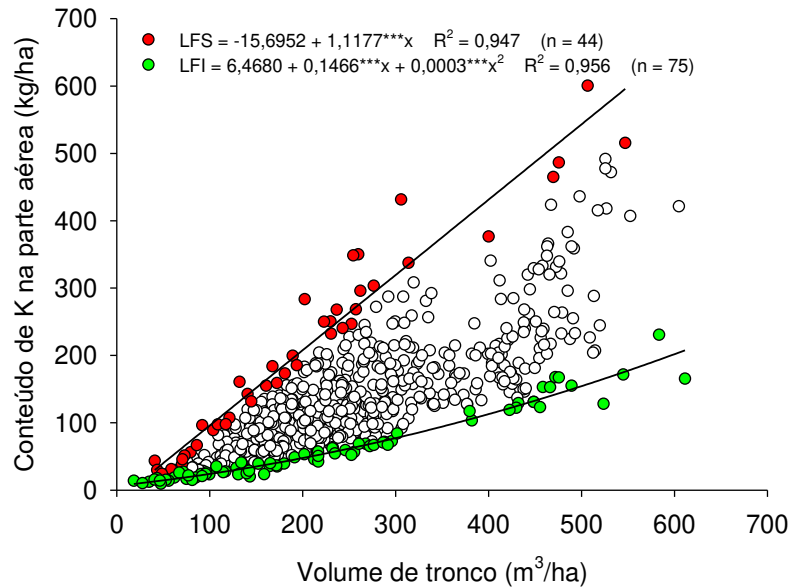
Na avaliação do grau de balanço, a acepção quantitativa da nutrição, os nutrientes são considerados de forma individual, com base em seus teores na matéria seca, havendo métodos para interpretação dos resultados, a exemplo do método dos índices balanceados de Kenworthy (KENWORTHY, 1961), amplamente utilizado. Na avaliação do grau de equilíbrio, a acepção qualitativa da nutrição, os nutrientes são considerados em conjunto, por meio de relações entre os teores de nutrientes (FERNANDES, 2010), sejam relações entre os teores de dois nutrientes por vez (relações duais), integradas algebricamente num único índice, como feito no método DRIS (BEAUFILS, 1973), seja por meio de variáveis multinutrientes (relações entre o teor de um dado nutriente e a média geométrica dos teores de todos os demais nutrientes, como feito no método da Diagnose da Composição Nutricional, CND (PARENT e DAFIR, 1992).

Os esquemas de fertilização mineral aplicados aos povoamentos de *Eucalyptus* nos anos recentes têm sido alterados, no sentido da redução da frequência de fertilizações de cobertura com N e K, pós plantio, de 3 ou até 4 para 1 ou 2 aplicações. As consequências dessa menor intensidade de parcelamento das fertilizações necessitam ser avaliadas quanto a aspectos como, recuperação dos nutrientes, eficiência nutricional, partição dos nutrientes nos componentes das árvores, e a condição nutricional (grau de balanço e de equilíbrio) nas árvores. Em relação a avaliação do estado nutricional de povoamentos de eucalipto, no Brasil, com base em diagnose foliar, os valores de referência propostos por Rocha (2008), para a região litorânea norte do Espírito Santo e Sul da Bahia, por Fernandes (2010), para o estado de São Paulo, e por Galdino (2015), para o Brasil, foram obtidos em povoamentos que haviam recebido alta intensidade de parcelamento das fertilizações com N e K em relação ao utilizado mais recentemente.

No trabalho de Lima Neto et al (2021) verificou-se a existência de povoamentos de eucalipto com maior acumulação de um dado nutriente em relação a produção de tronco, ou seja, os povoamentos da linha de fronteira superior (LFS) do relacionamento do acúmulo do nutriente na parte aérea em função da produção volumétrica de tronco, como exemplificado na Figura 1, extraída de Lima Neto 2018, para K - para os quais verificou-se, também, importantes decréscimos nas acumulações na parte aérea de nitrogênio (menos 76 %), de fósforo (menos

51 %) e de magnésio (menos 53 %), comparativamente aos povoamentos da LFI, ou seja, com menor acumulação de potássio, para uma mesma produção de tronco.

Figura 1 – Gráfico de dispersão do relacionamento entre o conteúdo de K na parte aérea e o volume de tronco de povoamentos de eucalipto



Fonte: extraído de Lima Neto et al (2021)

Essas observações indicam a existência de influência recíproca entre as acumulações de nutrientes minerais, constatação que pode ser utilizada visando ao aprimoramento dos esquemas de fertilização adotados na área florestal do Brasil. Contudo, cabe investigar e avaliar a sensibilidade da análise foliar para refletir, quanto ao grau de balanço e de equilíbrio, a influência recíproca das acumulações nutricionais, não tendo sido encontrados trabalhos na literatura abordando esse tema para a cultura do eucalipto, mas apenas o trabalho de Carneiro (2022) para a cultura da soja, cultura na qual a idade da folha e da planta são as mesmas, diferentemente do eucalipto em que há um descompasso entre a idade da folha e a idade da árvore, exceto em geral na fase inicial de crescimento, geralmente no primeiro ano.

As informações obtidas no trabalho de Cordido (2019), que obteve, em populações de povoamentos clonais de eucalipto no Brasil, as curvas de acumulação de biomassa e de nutrientes ao longo da rotação, pelo método da linha de fronteira, são, também, valiosas para nortear o refinamento do manejo nutricional. Para essas populações, cabe também investigar a existência de influência recíproca das acumulações nutricionais, e seus reflexos no grau de balanço e de equilíbrio nutricional da folha. Assim, os objetivos desse estudo foram: a) avaliar a influência recíproca da acumulação de N, P, K, Ca e Mg em povoamentos seminais e clonais

de *Eucalyptus*, sobre o grau de balanço e de equilíbrio nutricional das árvores, com base na foliar; b) contribuir para o aprimoramento da Diagnose Nutricional e sua utilização no manejo nutricional do eucalipto.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois bancos de dados, um para povoamentos seminais de *Eucalyptus* (992 talhões), com dados provenientes da região do Vale do Rio Doce, MG, e outro para povoamentos clonais (2087 talhões), com dados de povoamentos de diferentes idades e provenientes de diferentes regiões no Brasil, abrangendo distintas condições edafoclimáticas e de manejo, e contendo informações dendrométricas, altura e diâmetro a 1,3 m (dap), e de biomassa de componentes da parte aérea (folhas, galhos, lenho e casca) e seus teores de N, P, K, Ca e Mg (Tabela 1).

2.1 – Influência do grau de acúmulo do nutriente na parte aérea sobre os teores foliares de nutrientes em população de eucalipto clonal de alta produtividade de tronco

No banco de dados de povoamentos clonais, foram selecionados os povoamentos com produtividade volumétrica de tronco igual ou maior do que 60 % da maior produtividade de tronco para a idade do povoamento, considerada população de alta produtividade.

Os povoamentos assim selecionados foram estratificados em duas subpopulações: uma com base no percentil 30 % (P30) e outra com base no percentil 70 % (P70) da taxa média anual do acúmulo do nutriente na parte aérea, ou seja, os povoamentos de P30 são aqueles que se situaram entre os 30 % com menor acúmulo do nutriente e os de P70 são aqueles que se situaram entre os 30 % com maior acúmulo do nutriente na parte aérea, como também feito para soja no trabalho de Carneiro (2022).

Para cada uma dessas subpopulações, foram obtidas as médias e as variâncias dos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg, e de suas relações duais, que foram comparados pelo teste t para as médias e pelo teste F para as variâncias, a 5 % de probabilidade.

2.2 – Relacionamentos com base em análise de envoltório (linhas de fronteira)

No banco de dados de *Eucalyptus* seminal, os registros são referentes a árvores com idades na faixa de 7 a 12 anos, cultivadas em diversos sítios na região do Vale do Rio Doce, MG.

No banco de dados de *Eucalyptus* clonal, os dados são referentes a árvores com ampla faixa de idade (0,5 a 9 anos), cultivadas nas regiões constantes da Tabela 1.

Em ambos os bancos de dados, os conteúdos de N, de P, de K, de Ca e de Mg na parte aérea, obtidos pelo produto entre a biomassa de parte aérea e o teor do nutriente, foram relacionados à produtividade volumétrica de tronco (IMA tronco), por meio de gráficos de dispersão. Na nuvem de pontos assim obtida, foram identificados e selecionados os povoamentos da linha de fronteira superior (LFS) e inferior (LFI), com auxílio do software Boundary Fit.

Tanto para os plantios seminais como para os clonais, para cada nutriente, nos povoamentos da LFS e nos da LFI, foram determinados os teores foliares de N, de P, de K, de Ca e de Mg (indicativos do grau de balanço) e as relações duais entre teores desses nutrientes (indicativos do grau de equilíbrio nutricional), que foram comparados entre si, pelo teste t para as médias e pelo teste F para as variâncias, ambos a 5 % de probabilidade.

Tabela 1 - Relação de municípios e suas coordenadas geográficas latitude (lat) e longitude (long), média de idade (id.) em anos, biomassa da parte aérea (BPA) em t ha⁻¹ e do somatório dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg (Σ macro) em kg ha⁻¹ e a precipitação média anual durante o período de cultivo (prec.) mm período⁻¹, radiação solar global média diária durante o período de cultivo (rad.) MJ m⁻² período⁻¹ e a área basal média no momento do abate da árvore (abas) m² ha⁻¹.

Cidade	lat.	long.	id.	prec	rad.	Σ macro	BPA	abas
Teixeira de Freitas - BA	-17,514	-39,741	3,1	1431	18,2	658	83,8	17,8
Aracruz - ES	-19,782	-40,202	4,5	1242	17,3	1033,4	129,7	20,5
São Mateus - ES	-18,745	-39,871	7,7	1133	17,3	1812,7	234,3	27,7
Belo Oriente - MG	-19,212	-42,462	6,1	1163	16,9	707,8	125,2	22,1
Carbonita - MG	-17,542	-42,992	1,4	1330	18,2	270,1	24,7	4,6
Cocais - MG	-19,861	-43,459	5,2	1527	17,2	644,1	136,1	19,7
Dionísio - MG	-19,841	-42,73	1,9	1360	17,7	576,5	49,4	11,6
Ganhães - MG	-18,824	-42,863	5,5	1230	16,1	1056,9	186,1	25,1
Ipaba - MG	-19,382	-42,387	2,6	1152	16,6	676,5	76,7	11,8
Martinho Campos - MG	-19,345	-45,259	2,4	1333	18	331	29	8,1
Monte Carmelo - MG	-18,730	-47,471	3,6	1398	17,4	759	93,3	19,1
Santa Bárbara - MG	-19,944	-43,353	5,2	1460	17,7	762,1	135,4	21,1
Três Lagoas - MG	-20,840	-51,717	3,5	1302	18,1	631,6	92,5	18,9
Uberlândia - MG	-18,851	-48,307	1,9	1038	17,1	308,1	27,9	8,0
Agudos - SP	-22,457	-48,900	3,3	1557	17,6	979,6	117,6	27,4
Botucatu - SP	-22,775	-48,312	3,3	1530	17,5	975,4	106,2	21,8

Capão Bonito - SP	-23,984	-48,371	1,9	1283	15,3	280,3	25,3	6,8
Itapetininga – SP	-23,632	-48,004	4,1	1391	17,5	1279,7	149,3	32,2
Jacareí – SP	-23,223	-46,035	2,1	1818	18,3	398,0	35,6	8,6
Lençóis Paulista - SP	-22,577	-48,801	3,3	1510	17,8	980,5	117,4	24,0
Luiz Antônio - SP	-21,538	-47,71	2,0	1492	17,5	302,1	25,5	6,4
São Carlos - SP	-21,929	-47,917	1,8	1384	16,9	302,5	20,2	6,03
Água Clara - MS	-20,702	-52,766	4,9	1399	18,8	765,7	126,9	20,4
Aparecida do Taboado - MS	-20,037	-51,237	4,3	1289	19,1	750,4	120,1	21,8
Inocência - MS	-19,693	-51,954	4,5	1344	19,3	602,2	82,9	19,8
Selvíria – MS	-20,369	-51,458	3,8	1172	18,3	631,1	100,5	19,8
Média	---	---	2,4	1428	17,3	423	45	9,66

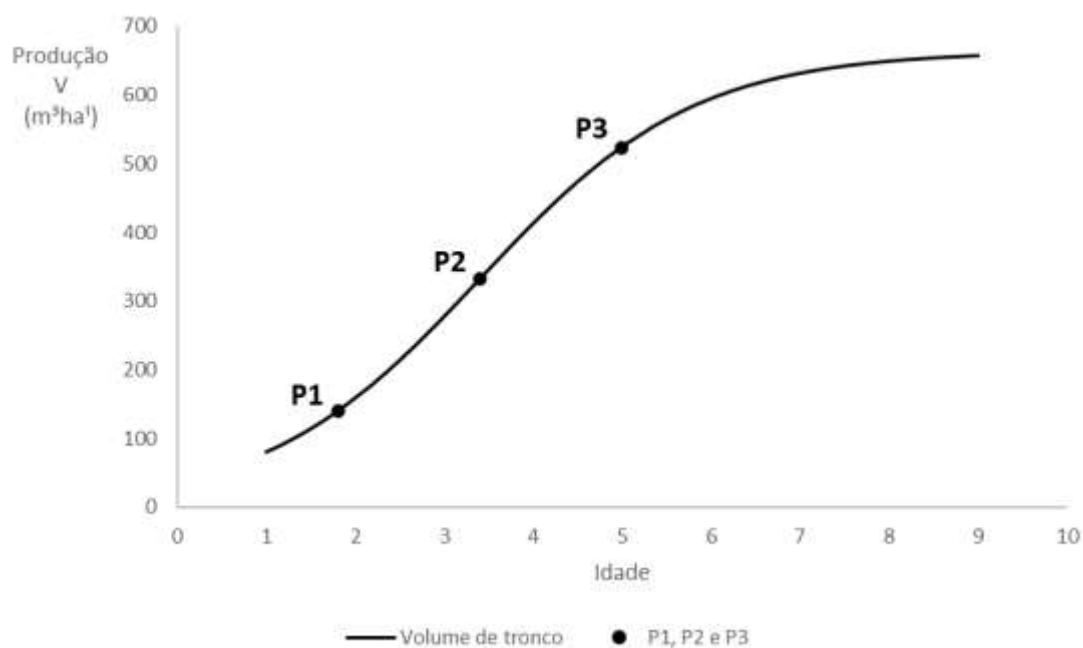
Fonte: Extraída de Cordido (2019).

2.3 – Relacionamentos para as subpopulações concordantes e discordantes quanto à acumulação de nutrientes na parte aérea e à produção de biomassa de parte aérea

Com base no banco de dados de *Eucalyptus* clonal, também utilizado neste trabalho, Cordido (2019) obteve curvas de acumulação de biomassa da parte aérea e de N, de P, de K, de Ca e de Mg na parte aérea em função da idade, e identificou as populações da LFS e da LFI desses relacionamentos. Com base nas populações da LFS, foram também identificadas as subpopulações concordantes e discordantes entre a produção de biomassa da parte aérea e a acumulação de cada nutriente (CORDIDO, 2019). A frequência relativa de concordância, para as populações da LFS, foi de 39,8 %, em termos da média dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg. Ou seja, houve 60 % de discordância.

Para cada uma dessas duas subpopulações, Souza (2023) relacionou a produção de biomassa da parte aérea em função da idade, por meio de modelo sigmoidal-logístico e obteve, por meio de derivações matemáticas, os pontos P1, P2 e P3, que correspondem as idades de mudanças de fase na curva de produção (CORDIDO, 2019; BARROS, 2021). P1 é a idade em que ocorre a máxima aceleração da curva de produção de biomassa, P2 é a idade em que ocorre a taxa máxima de produção de biomassa e P3 é a idade em que ocorre a máxima taxa média de produção de biomassa da parte aérea, como mostrado na Figura 2, extraída de Barros (2021).

Figura 2 – Curva de Produção Volumétrica de tronco com a indicação dos pontos P1, P2 e P3 (extraído de Barros, 2021)



Neste trabalho, inicialmente, para as populações concordantes e discordantes da acumulação de N, de P, de K, de Ca e de Mg e a acumulação de biomassa de parte aérea, a partição da biomassa de folha e do acúmulo de nutrientes na folha em relação à parte aérea foi relacionada com a idade dos plantios por meio equações, testadas com base no quadrado médio do independente da regressão, até o nível de 5 % de probabilidade.

Para essas populações foram também obtidos os coeficientes de correlação de Pearson entre os acúmulos de N, de P, de K, de Ca e de Mg na parte aérea e os teores foliares desses nutrientes, bem como os gráficos de dispersão respectivos.

O efeito da idade sobre os teores foliares dos nutrientes de alta mobilidade no floema, ou seja, N, P, K e Mg foi investigado para as populações concordantes e discordantes da acumulação de N, de P, de K e de Mg e a acumulação de biomassa da parte aérea. Isso foi feito, agrupando os registros conforme quatro classes de idade: classe 1 (até a idade corresponde a P1), classe 2 (de P1 a P2), classe 3 (de P2 a P3), classe 4 (idade maior ou igual a P3). A seguir, realizou-se análise de variância para o teor foliar de N, de P, de K e de Mg em função da classe de idade, tanto para as populações concordantes como para as populações discordantes.

Para as populações concordantes e discordantes da acumulação de N, de P, de K, de Ca e de Mg e a acumulação de biomassa da parte aérea, o teor foliar médio de nutrientes da população concordante foi comparado com o teor foliar médio da população discordante, pelo

teste t, para as médias e pelo teste F para as variâncias, a 5 % de probabilidade, como também feito para as relações duais entre os teores foliares de nutrientes.

Ainda, para as populações concordantes foram identificados os registros comuns, ou seja, os talhões concordantes quanto aos cinco nutrientes N, P, K, Ca e Mg, ou a quatro, a três ou a dois desses nutrientes, procedimento também feito para as populações discordantes.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Sensibilidade da análise foliar e influência do acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea.

3.1.1 – Influência do grau de acúmulo do nutriente na parte aérea sobre os teores foliares de nutrientes em população de eucalipto clonal de alta produtividade de tronco

A influência do grau de acúmulo no nutriente na parte aérea sobre os teores foliares, estudada para N, P, K, Ca e Mg, foi verificada para todos esses nutrientes, exceto para N, para os quais os teores foliares foram menores na subpopulação que combina alta produtividade e os 30 % menores acúmulos desses nutrientes (Tabela 2). Para o teor foliar de P, o decréscimo foi de 7,9 %, para o de K foi de 6,7 %, para o de Ca foi de 29,2 % e para o de Mg foi de 11,5 %, sendo de 13,8 % a média desses decréscimos. Os decréscimos assim verificados nos teores foliares da subpopulação com menor acúmulo do nutriente na parte aérea influenciaram nas relações duais entre esses nutrientes (Tabela 2), exceto para a relação P/Mg. Mesmo para N, as relações N/K e N/Mg foram diferentes entre as subpopulações com acúmulo distinto de N na parte aérea. Em relação às variâncias dos teores e das relações duais dos teores entre os nutrientes estudados, a frequência de diferenças significativas entre as subpopulações com acúmulo diferencial dos nutrientes na parte aérea foi menor do que a verificada nas comparações das médias de teores e das médias das relações duais, exceto para as variâncias das relações duais diretas entre Mg e os demais nutrientes, que foram sempre menores na subpopulação com os 30 % menores acúmulos de Mg na parte aérea (Tabela 2).

Esses resultados indicam haver sensibilidade da análise foliar em relação ao grau de acumulação do nutriente na parte aérea, na população de alta produtividade de tronco, e evidenciam a possibilidade de os valores de referência (normas) serem obtidos considerando não apenas a produtividade da cultura, mas, também, o grau de acúmulo do nutriente na planta.

Cabe ressaltar que a obtenção de normas nutricionais geralmente é feita considerando a população de alta produtividade, pois se a produtividade é alta isso indica que além da nutrição ser adequada, todos os demais fatores de produção, como também o manejo e a silvicultura, estão em níveis adequados, não limitantes, e assim as folhas da cultura operam no ótimo fisiológico ou próximo a este. Contudo, como mostrado na Tabela 2, é possível identificar talhões com alta produtividade e menor consumo de nutrientes, combinação esta de todo interessante, tendo em vista a economicidade das fertilizações e a eficiência de uso do nutriente para a produção da cultura. Dessa forma, como também feito e proposto por Carneiro (2022), para a cultura da soja, os teores e as relações duais dos teores foliares de nutrientes existentes na subpopulação de alta produtividade e menor consumo de nutrientes podem ser utilizados como os valores de referência (normas) para uso em métodos que avaliam o grau de balanço e o grau de equilíbrio nutricional.

Tabela 2 – Médias e Variâncias de teores foliares de nutrientes e de suas relações duais em subpopulações de acúmulo do nutriente do nutriente na parte aérea de povoamentos clonais de eucalipto de alta produtividade de tronco

Subpopulações de acúmulo do nutriente na parte aérea

Influência do Acúmulo	30% menores		30% maiores		30% menores		30% maiores		30% menores		30% maiores		F	
	Média		t	Variância		F	Relações	Média		t	Variância			F
	g/kg							g/kg						
N	N	20,21	19,32	ns	8,544	12,600	ns							
	P	1,25	1,13	**	0,091	0,091	ns	N/P	16,73	17,59	ns	9,535	10,089	ns
	K	8,30	7,14	**	4,290	2,452	**	N/K	2,56	2,78	**	0,384	0,312	ns
	Ca	6,09	5,44	**	5,854	3,052	**	N/Ca	3,83	3,78	ns	2,519	1,060	**
	Mg	2,67	2,68	ns	0,311	0,133	**	N/Mg	7,83	7,31	**	3,014	2,648	ns
P	N	21,27	19,66	*	14,196	13,779	ns							
	P	1,16	1,26	**	0,047	0,175	**	P/N	0,05	0,06	**	0,000	0,000	**
	K	8,46	7,80	**	5,630	3,380	*	P/K	0,14	0,16	**	0,002	0,001	ns
	Ca	6,05	5,79	ns	5,857	2,750	**	P/Ca	0,21	0,22	**	0,006	0,005	ns
	Mg	2,65	2,79	**	0,296	0,290	ns	P/Mg	0,45	0,45	ns	0,011	0,019	**
K	N	21	19,19	**	11,891	13,113	ns							
	P	1,24	1,19	**	0,046	0,132	**	K/N	0,36	0,43	**	0,008	0,011	ns
	K	7,56	8,10	**	3,632	3,534	ns	K/P	6,16	7,17	**	2,410	6,157	**
	Ca	5,49	5,92	ns	4,889	3,119	*	K/Ca	1,54	1,43	**	0,325	0,144	**
	Mg	2,63	2,67	**	0,337	0,188	**	K/Mg	2,96	3,10	**	0,862	0,772	ns
Ca	N	20,6	19,56	ns	11,125	15,899	ns							
	P	1,15	1,24	**	0,047	0,149	**	Ca/N	0,22	0,34	**	0,007	0,012	**
	K	7,59	7,98	*	2,636	3,869	ns	Ca/P	4,18	5,49	**	3,050	3,063	ns
	Ca	4,65	6,57	**	2,874	5,127	**	Ca/K	0,62	0,83	**	0,043	0,052	ns
	Mg	2,47	2,78	**	0,230	0,333	ns	Ca/Mg	1,89	2,42	**	0,389	0,719	**
Mg	N	21,14	18,51	**	11,158	10,302	ns							
	P	1,18	1,13	**	0,044	0,119	**	Mg/N	0,11	0,15	**	0,001	0,001	*
	K	7,75	7,44	ns	3,087	3,316	ns	Mg/P	2,12	2,61	**	0,240	0,413	*
	Ca	5,54	5,52	ns	6,535	1,993	**	Mg/k	0,32	0,39	**	0,007	0,010	*
	Mg	2,47	2,79	**	0,258	0,210	ns	Mg/Ca	0,51	0,53	**	0,035	0,015	**

* Significativo a 5%. ** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t (para médias) e pelo teste F (para variâncias); ^{ns} Não significativo

Contudo, parece interessante investigar se a sensibilidade da análise foliar à acumulação do nutriente na planta, também ocorre nas populações com eficiência de utilização limite, seja a população com máxima ou com mínima eficiência de utilização do nutriente absorvido para a produção de tronco das árvores. Por isso, a seguir, são apresentados os resultados obtidos pela análise de envoltório (Linhas de Fronteira) do relacionamento entre a acumulação do nutriente na parte aérea e a produtividade de tronco.

3.1.2 – Análise de envoltório realizada

O relacionamento do acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas com a produtividade volumétrica média de tronco (IMA), usando o método da linha de fronteira (LF), possibilitou definir duas populações de interesse, uma localizada na fronteira superior (LFS) e a outra na fronteira inferior (LFI) do conjunto de dados, tanto para os povoamentos seminais (Figura 3) como para os povoamentos clonais (Figura 4).

Cabe então investigar a influência desses acúmulos diferenciais de nutrientes (na LFS versus na LFI) sobre o estado nutricional da folha.

Para os povoamentos clonais, o relacionamento do conteúdo do nutriente na folha em função da biomassa da folha, cuja declividade é o teor foliar do nutriente, é mostrado na figura 5, na qual verifica-se, para todos os nutrientes estudados neste trabalho, que, com maior frequência, os teores foliares são menores na população da LFI.

Não só nos povoamentos clonais, mas também nos povoamentos seminais, verifica-se, na Tabela 3, que, em geral, os valores das médias dos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg na população da LFI da acumulação de cada um desses nutriente, são menores, exceto para P e Ca nos povoamentos seminais.

Ainda, a acumulação diferencial de um nutriente pode influenciar o teor foliar não apenas desse nutriente, mas também dos demais nutrientes, ou seja, a influência recíproca entre nutrientes, havendo, assim a necessidade de avaliar o efeito dessa acumulação no equilíbrio entre os nutrientes na folha.

A influência recíproca entre a acumulação de um dado nutriente sobre o teor foliar dos outros nutrientes também ocorreu, exceto, nos povoamentos seminais: para a acumulação de N sobre o teor foliar de K, para a acumulação de Ca sobre os teores foliares de P e K, e para a acumulação de Mg sobre o teor foliar de Ca (Tabela 3). Em relação a variância dos teores foliares, em geral, ela foi menor para as populações da LFI da acumulação de cada um dos nutrientes estudados, com algumas exceções.

Essa influência recíproca pode ser explicada com base em interações entre os nutrientes causadas por sinergismos ou por antagonismos sejam em nível da absorção ou da utilização dos nutrientes. Como exemplo, nos povoamentos seminais a ausência de efeito do acúmulo de N na parte aérea sobre o teor foliar de K pode ser explicada pela interação não-competitiva existente entre o N e K. Estes nutrientes minerais são os absorvidos em maiores quantidades em quase todas as plantas, dessa forma a absorção de um deles vai aumentar a demanda pelo outro, isso ocorre quando ambos são supridos de forma balanceada às plantas. No entanto, quando um deles é fornecido em quantidades elevadas e o solo é deficiente no outro, poderá levar a decréscimos na resposta ao outro, tanto em relação a produção quanto em acúmulo do nutriente (CANTARELLA, 2007).

Para altas produtividades do eucalipto, há uma elevada demanda de K, e como os solos utilizados para plantações florestais são de baixa fertilidade, há a necessidade de serem aplicadas elevadas doses K, independentemente da textura do solo, e a planta poderá acumular muito K, o que pode influenciar não apenas as quantidades absorvidas, mas também os teores foliares dos demais nutrientes avaliados neste trabalho.

Como amplamente referida na literatura (EPSTEIN, 1972, MARCHNER, 2011, ORTEGA e MALAVOLTA, 2012, CANTARELLA 2007, dentre outros), e para o eucalipto (LIMA NETO et al, 2021), o excesso ou deficiência de um nutriente pode interferir na absorção em quantidades adequadas de outros, levando a diferenças na acumulação dos nutrientes. Dessa forma, os maiores acúmulos de um dado nutriente, em resposta à sua fertilização, podem influenciar não apenas em sua absorção e no seu teor foliar, mas também nos dos demais nutrientes.

Na tabela 4, verifica-se também que, em geral, as relações duais dos teores dos nutrientes estudados são diferentes entre as populações da LFI versus as da LFS do relacionamento entre a acumulação do nutriente e a produtividade de tronco, havendo poucas exceções e apenas para os povoamentos seminais: acumulação de N sobre as relações N/P, N/Mg, acumulação de P sobre P/K.

No geral, plantas que acumulam mais nutrientes, possuem maiores teores dos mesmos, denotando uma menor eficiência de utilização dos nutrientes. Para todos os nutrientes avaliados, a população da LFI é aquela em que o acúmulo do nutriente na parte aérea é menor para uma mesma produtividade de tronco, ou seja, o nutriente é mais eficientemente utilizado para a produção do órgão de interesse comercial, o tronco. Já, nas populações da LFS, pode-se propor a existência de consumo de luxo de nutrientes.

Esses resultados, verificados com base em populações da análise de envoltório, indicam sensibilidade da análise foliar, com base nos teores e nas relações duais de teores, à acumulação do nutriente nas árvores e à sua eficiência de utilização para a produção de madeira.

Figura 3 - Acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea em função da produtividade de tronco em povoamentos seminais de *Eucalyptus*.

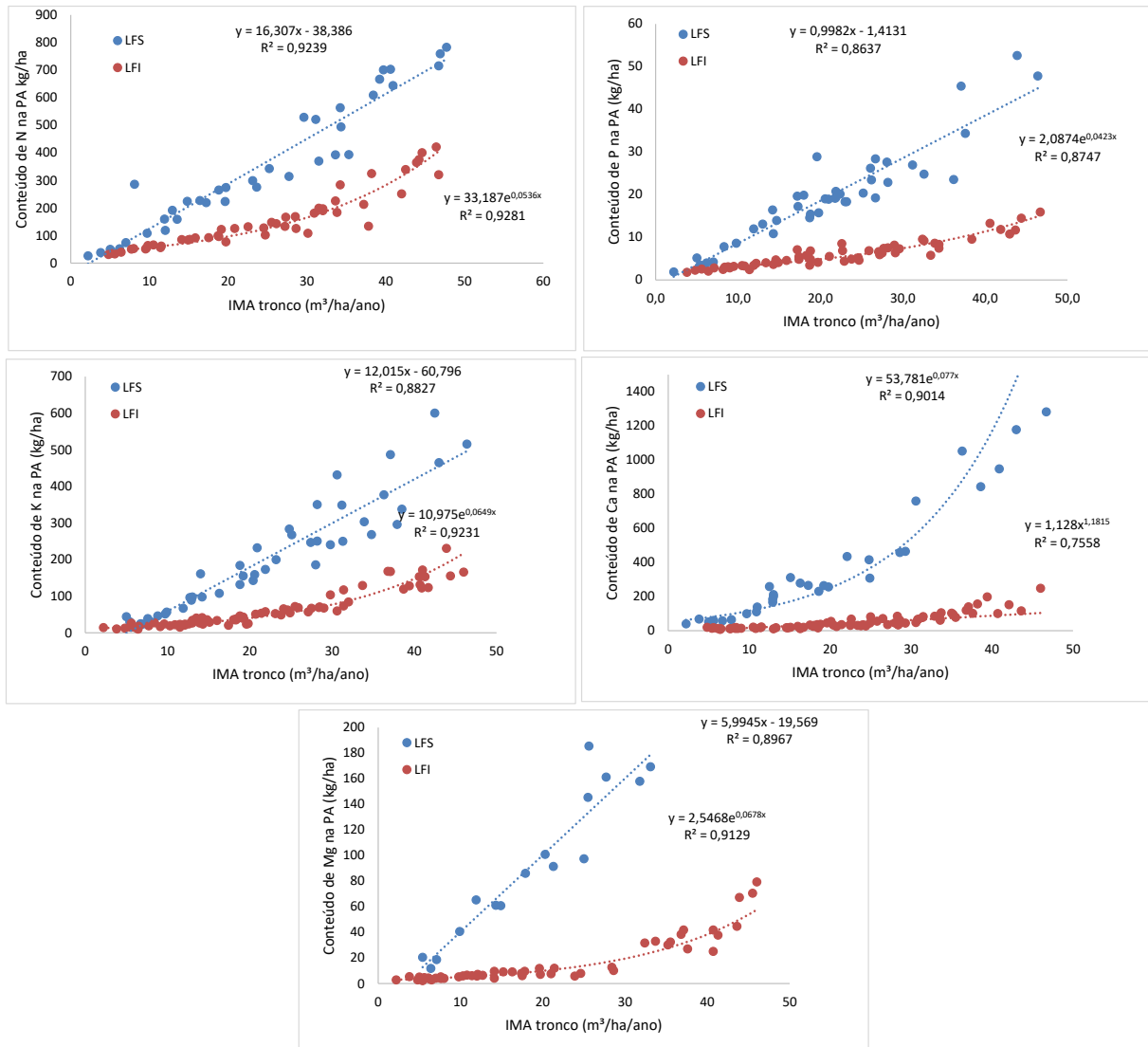


Figura 4 - Acúmulo do nutriente na parte aérea (eixo vertical) em função da produtividade de tronco em povoamentos clonais de *Eucalyptus*.

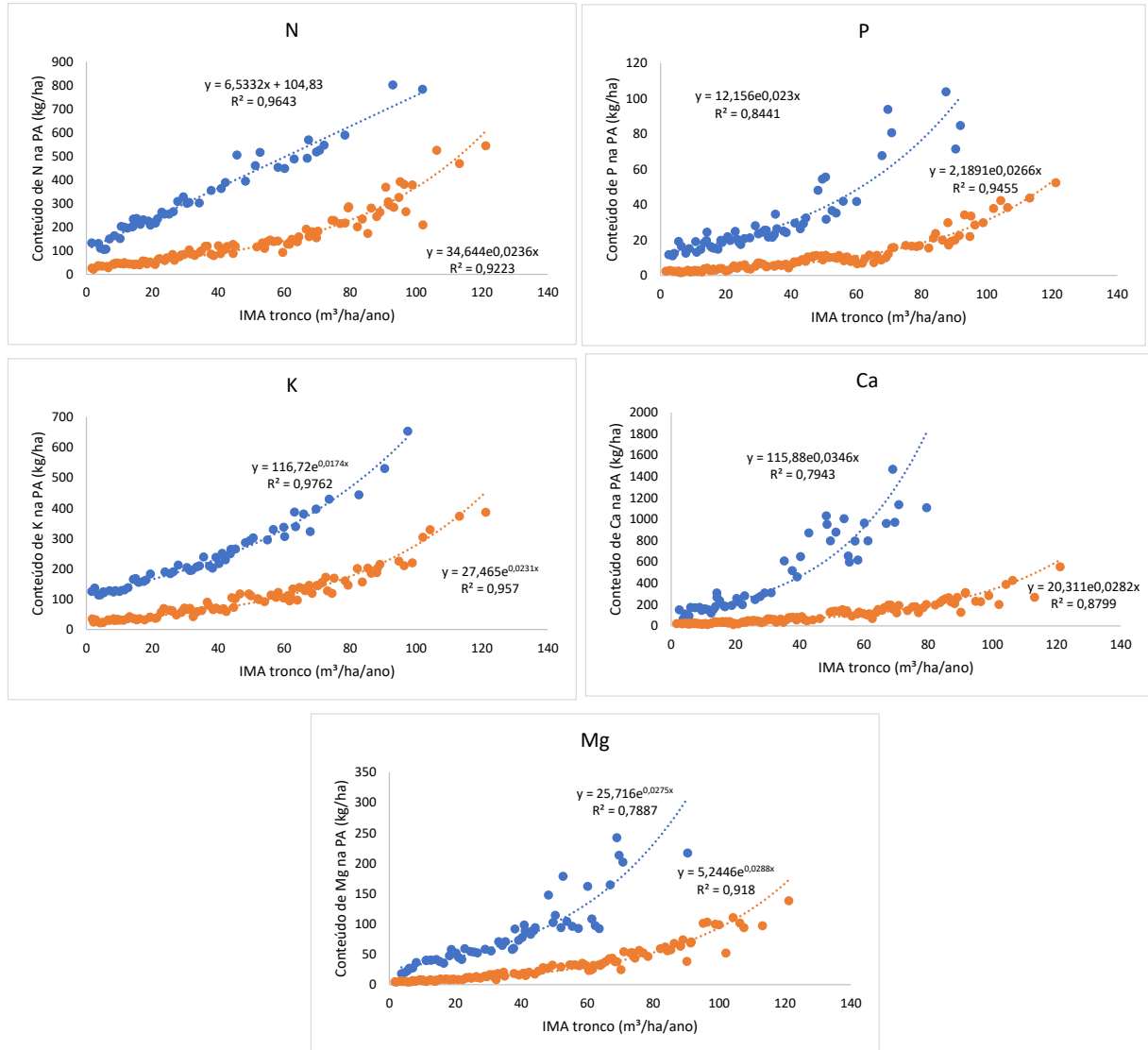


Figura 5 – Gráfico de dispersão do conteúdo do nutriente na folha (eixo vertical) em função da biomassa de folha, para povoamentos clonais de *Eucalyptus* das populações das linhas de fronteira superior (LFS) e inferior (LFI) do relacionamento entre o acúmulo do nutriente na parte aérea e a produtividade volumétrica de tronco.

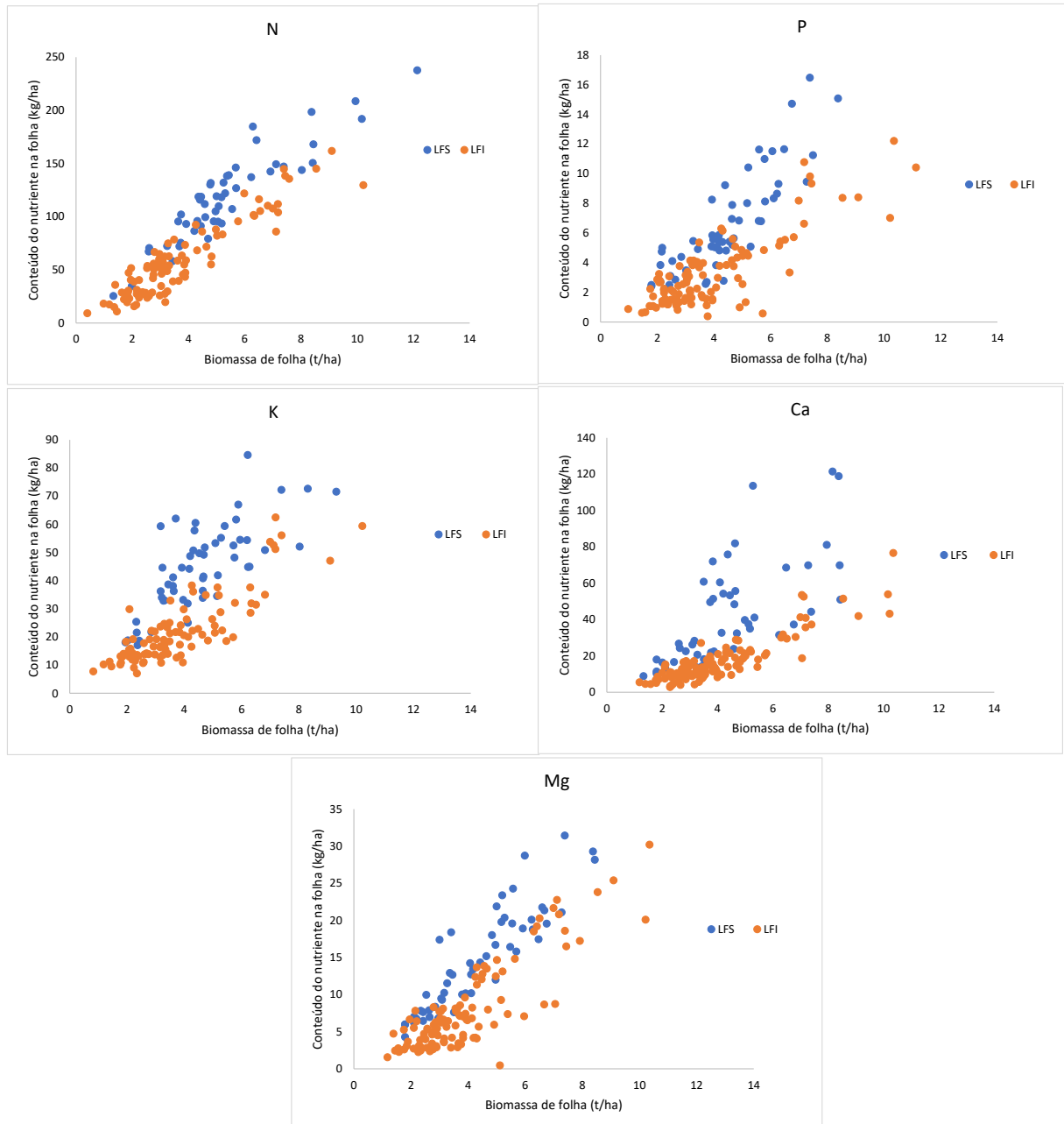


Tabela 3. Influência do acúmulo do nutriente na parte aérea sobre seu teor foliar e sobre o teor foliar de outros nutrientes, em povoamentos seminais e clonais de eucalipto

Influência do acúmulo de	Plantios seminais						Plantios clonais					
	LFS		LFI		t	F	LFS		LFI		t	F
	Média		Variância				Média		Variância			
	g/kg		g/kg		g/kg		g/kg					
N sobre N	19,14	17,39	*	8,180	6,503	ns	22,45	15,79	**	11,361	18,574	*
N sobre P	1,05	0,94	**	0,073	0,040	*	1,06	1,03	**	0,152	0,123	ns
N sobre K	7,4	8,13	ns	6,350	9,181	ns	8,06	6,90	**	5,482	3,861	ns
N sobre Ca	5,06	3,85	**	2,723	1,877	ns	6,56	5,93	ns	16,889	5,201	**
N sobre Mg	2,06	1,67	**	0,533	0,281	*	2,52	2,61	**	0,580	0,351	*
P sobre P	1,16	0,9	**	0,137	0,023	**	19,71	18,44	ns	8,691	14,203	*
P sobre N	18,16	18,64	ns	9,242	4,666	**	1,57	0,81	**	0,635	0,117	**
P sobre K	9,43	6,69	**	12,320	3,881	**	7,95	6,99	**	3,109	4,324	ns
P sobre Ca	4,69	3,81	**	2,403	1,769	ns	7,28	5,14	**	8,482	4,495	**
P sobre Mg	1,87	1,74	**	0,490	0,176	**	2,97	2,45	**	0,390	0,482	ns
K sobre K	11,06	4,8	**	11,290	2,190	**	20,43	18,4	*	8,042	19,934	**
K sobre N	19,35	17,77	**	11,357	5,617	**	1,16	1,07	**	0,143	0,144	ns
K sobre P	1,18	0,92	**	0,130	0,048	**	9,97	6,01	**	6,052	3,207	**
K sobre Ca	5,14	3,65	**	1,877	2,341	ns	6,23	5,22	*	10,472	4,485	**
K sobre Mg	2,29	1,63	**	0,476	0,270	*	2,50	2,56	*	0,621	0,382	*
Ca sobre Ca	5,53	2,58	**	1,145	0,723	ns	19,72	18,9	ns	13,984	14,252	ns
Ca sobre N	18,59	18,62	ns	5,523	5,523	ns	1,29	0,93	**	0,150	0,097	*
Ca sobre P	1,00	1,00	ns	0,044	0,048	ns	8,87	7,17	**	5,798	4,110	ns
Ca sobre K	7,65	7,26	ns	11,696	7,896	ns	9,49	3,95	**	17,804	1,814	**
Ca sobre Mg	2,12	1,55	**	0,384	0,240	*	2,91	2,28	**	0,635	0,420	*
Mg sobre Mg	2,38	1,27	**	0,348	0,152	*	19,52	19,39	ns	10,891	20,290	**
Mg sobre N	20,67	18,36	*	5,617	6,250	ns	1,26	0,96	**	0,146	0,121	ns
Mg sobre P	1,22	1,02	**	0,084	0,058	ns	7,59	7,54	ns	4,063	6,030	ns
Mg sobre K	8,30	6,89	ns	6,300	6,503	ns	7,70	4,74	**	13,398	4,350	**
Mg sobre Ca	4,78	3,34	**	1,664	1,932	ns	3,27	1,92	**	0,638	0,555	ns

* Significativo a 5%. **Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t (para médias) e pelo teste F (para variâncias); ^{ns}Não significativo

Tabela 4 – Influência do acúmulo do nutriente na parte aérea sobre as relações duais entre teores foliares de nutrientes, em povoamentos seminais e clonais de eucalipto

Influência do acúmulo de	Relação dual	Povoamentos seminais						Povoamentos clonais					
		LFS	LFI	t	LFS	LFI	F	LFS	LFI	t	LFS	LFI	F
		Média			Variância			Média			Variância		
N	N/P	19,03	19,04	ns	13,988	13,104	ns	24,87	16,07	*	163,042	20,197	**
	N/K	2,98	2,45	**	1,716	1,000	*	2,99	2,40	**	0,836	0,528	*
	N/Ca	4,34	5,12	**	4,080	4,162	ns	4,41	2,94	**	6,245	1,416	**
	N/Mg	10,64	11,33	ns	21,437	10,824	*	9,75	6,30	**	12,154	4,819	**
P	P/N	0,06	0,05	**	0,000	0,000	ns	0,08	0,04	**	0,002	0,000	**
	P/K	0,14	0,14	ns	0,003	0,002	ns	0,20	0,12	**	0,018	0,008	**
	P/Ca	0,28	0,27	**	0,023	0,012	*	0,24	0,17	**	0,034	0,007	**
	P/Mg	0,71	0,54	**	0,130	0,017	**	0,55	0,36	**	0,139	0,077	**
K	K/N	0,58	0,27	**	0,029	0,006	**	0,49	0,33	**	0,024	0,011	**
	K/P	9,81	5,33	**	10,498	2,016	**	9,84	5,95	**	29,565	3,594	**
	K/Ca	2,3	1,58	**	0,941	0,810	ns	1,93	1,32	**	0,943	0,458	**
Ca	K/Mg	5,24	3,35	**	4,796	3,028	*	4,62	2,46	**	7,911	0,812	**
	Ca/N	0,3	0,14	**	0,005	0,003	**	0,5	0,21	**	0,076	0,007	**
	Ca/P	5,78	2,72	**	3,133	1,232	**	8,24	4,50	**	25,136	3,024	**
	Ca/K	0,88	0,41	**	0,168	0,044	**	1,10	0,58	**	0,251	0,053	**
Mg	Ca/Mg	2,85	1,79	**	1,323	0,518	**	3,42	1,98	**	2,441	6,408	**
	Mg/N	0,11	0,06	**	0,000	0,000	ns	0,17	0,1	**	0,003	0,002	**
	Mg/P	1,97	1,32	**	0,144	0,372	*	2,81	2,07	**	1,517	0,523	**
Mg	Mg/K	0,3	0,22	**	0,005	0,017	**	0,46	0,27	**	0,034	0,013	**
	Mg/Ca	0,51	0,42	**	0,014	0,053	**	0,48	0,45	**	0,037	0,041	ns

* Significativo a 5%. ** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t (para médias) e pelo teste F (para variâncias); ^{ns} Não significativo

A sensibilidade da análise foliar à acumulação do nutriente na planta foi também investigada na população da linha de fronteira superior da produção de biomassa da parte aérea de povoamentos clonais de eucalipto em função da idade dos povoamentos, ou seja, nos povoamentos com maior produção biológica e acumulação de carbono nas árvores, identificados no trabalho de Cordido (2019), mas considerando as subpopulações concordantes e discordantes quanto à acumulação de biomassa e a acumulação do nutriente mineral, também estudadas, mas com outros objetivos, no trabalho de Souza (2023).

3.1.3 – Resultados para as subpopulações concordantes e discordantes quanto à acumulação de nutrientes na parte aérea e a produção de biomassa de parte aérea

A partição de biomassa de folha e a de N, de P, de K, de Ca e de Mg nas populações concordantes e discordantes da acumulação de biomassa de parte aérea e desses nutrientes na parte aérea decresceram com a idade das árvores, conforme modelos curvilíneos, do tipo potencial e exponencial (Figuras 6, 7, 8, 9, 10). Em geral, para um mesmo tipo de população, concordante ou discordante, o padrão de decréscimo da biomassa de folha com a idade foi semelhante ao do decréscimo da partição de nutriente para a folha, exceto para K na população concordante. Essa semelhança permite esperar que os teores foliares dos nutrientes avaliados variem pouco ou não variem com a idade, aspecto que será abordado mais adiante neste trabalho.

Figura 6 – Partição (%) de biomassa de folha e de N na folha (eixo vertical) em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de N na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea

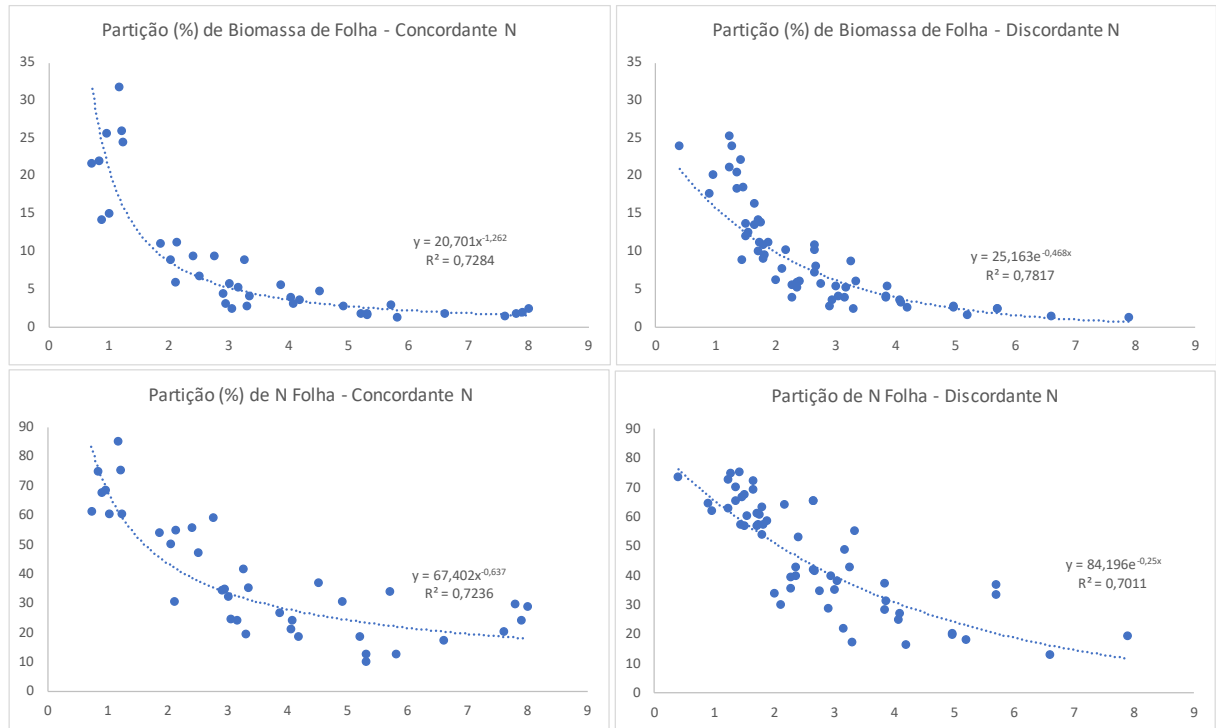


Figura 7 – Partição (%) de biomassa de folha e de P na folha (eixo vertical) em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de P na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea

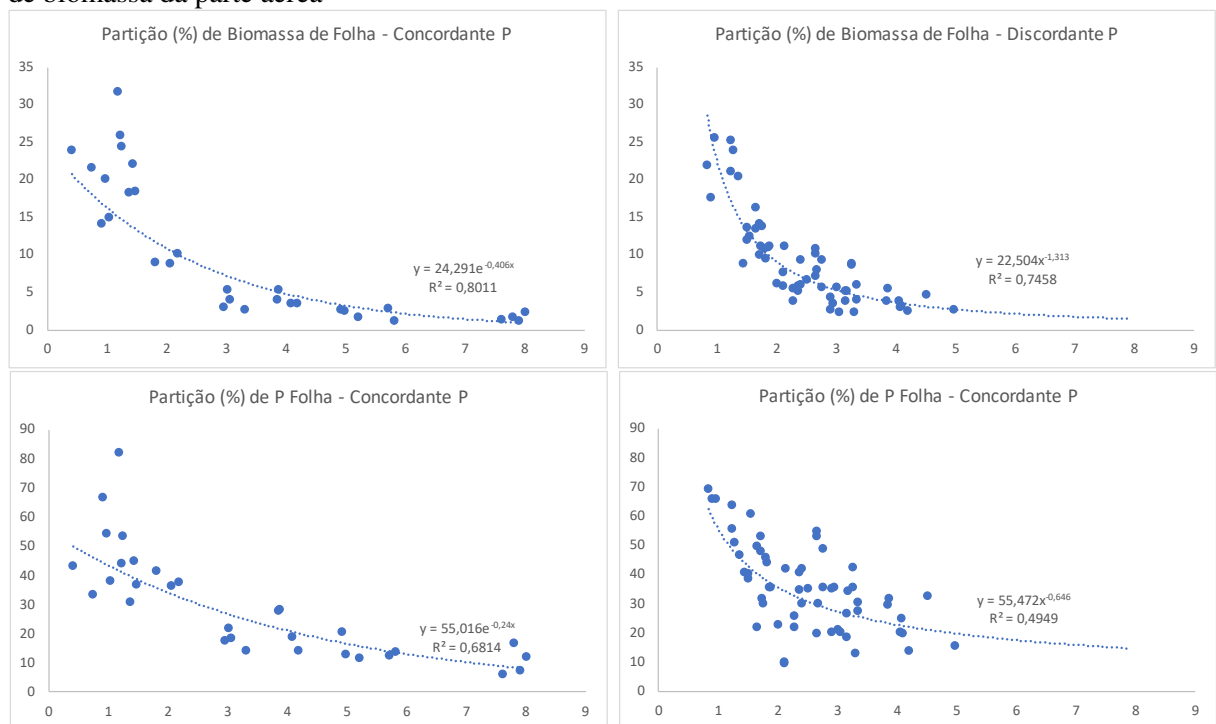


Figura 8 – Partição (%) de biomassa de folha e de K na folha (eixo vertical) em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de K na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea

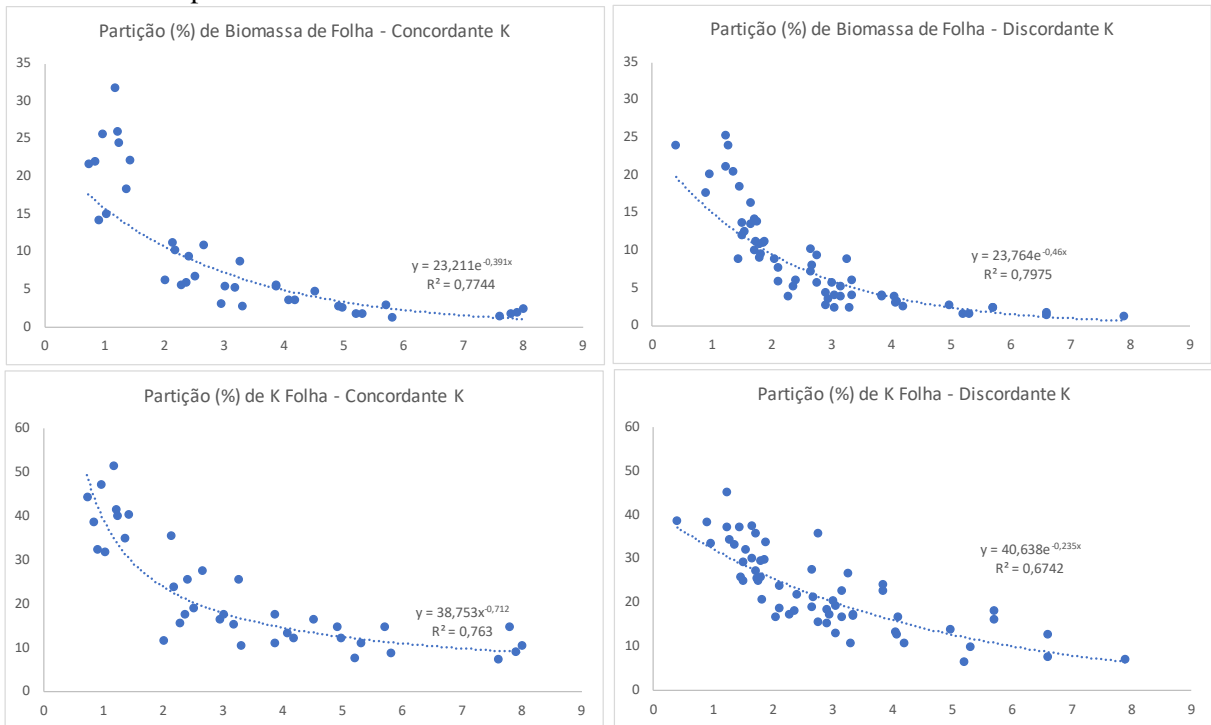


Figura 9 – Partição (%) de biomassa de folha e de Ca na folha (eixo vertical) em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de Ca na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea

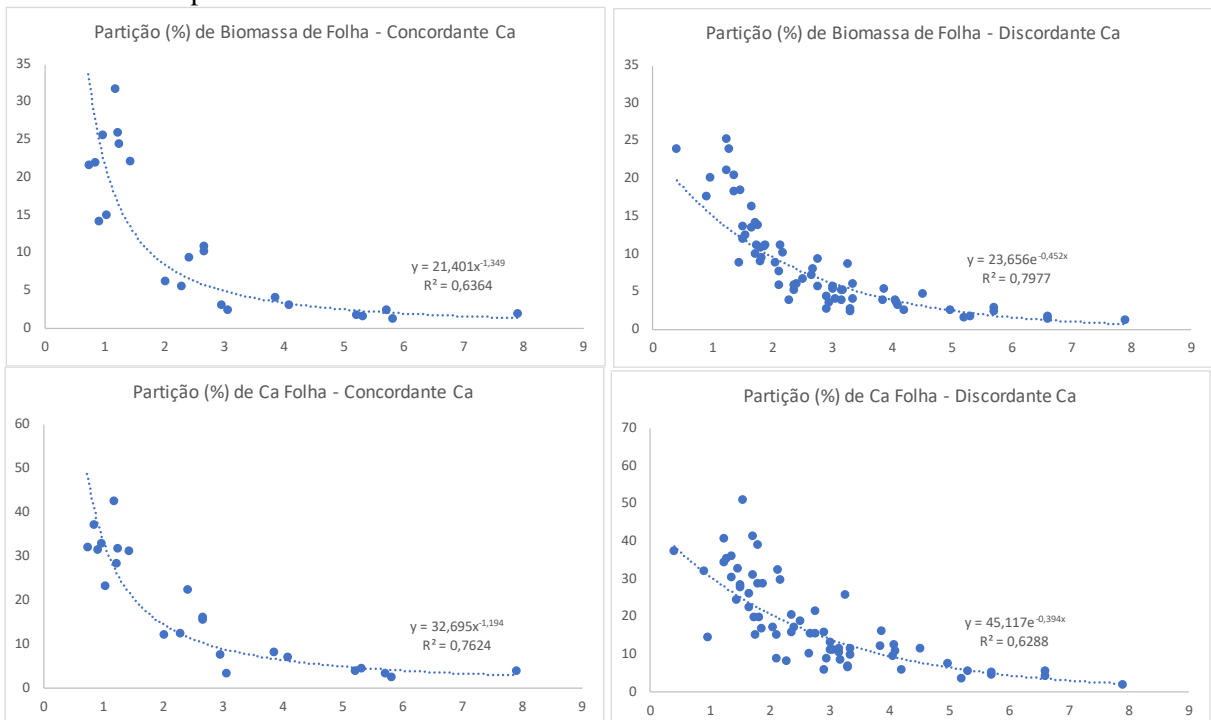
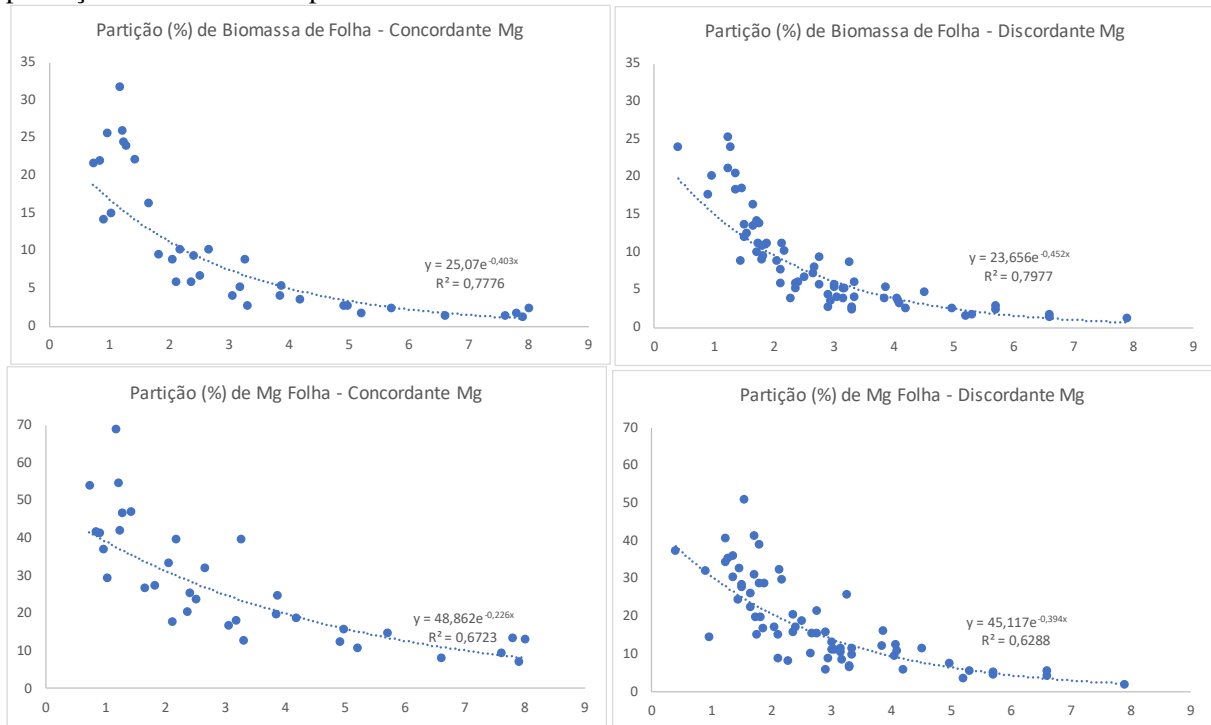


Figura 10 – Partição (%) de biomassa de folha e de Mg na folha (eixo vertical) em função da idade das árvores, para as populações concordante e discordante da acumulação de Mg na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea



As correlações entre os acúmulos de N, de P, de K, de Ca e de Mg na folha e os teores foliares desses nutrientes (tabela 5 e figura 11) variaram conforme as combinações nutriente e tipo de população.

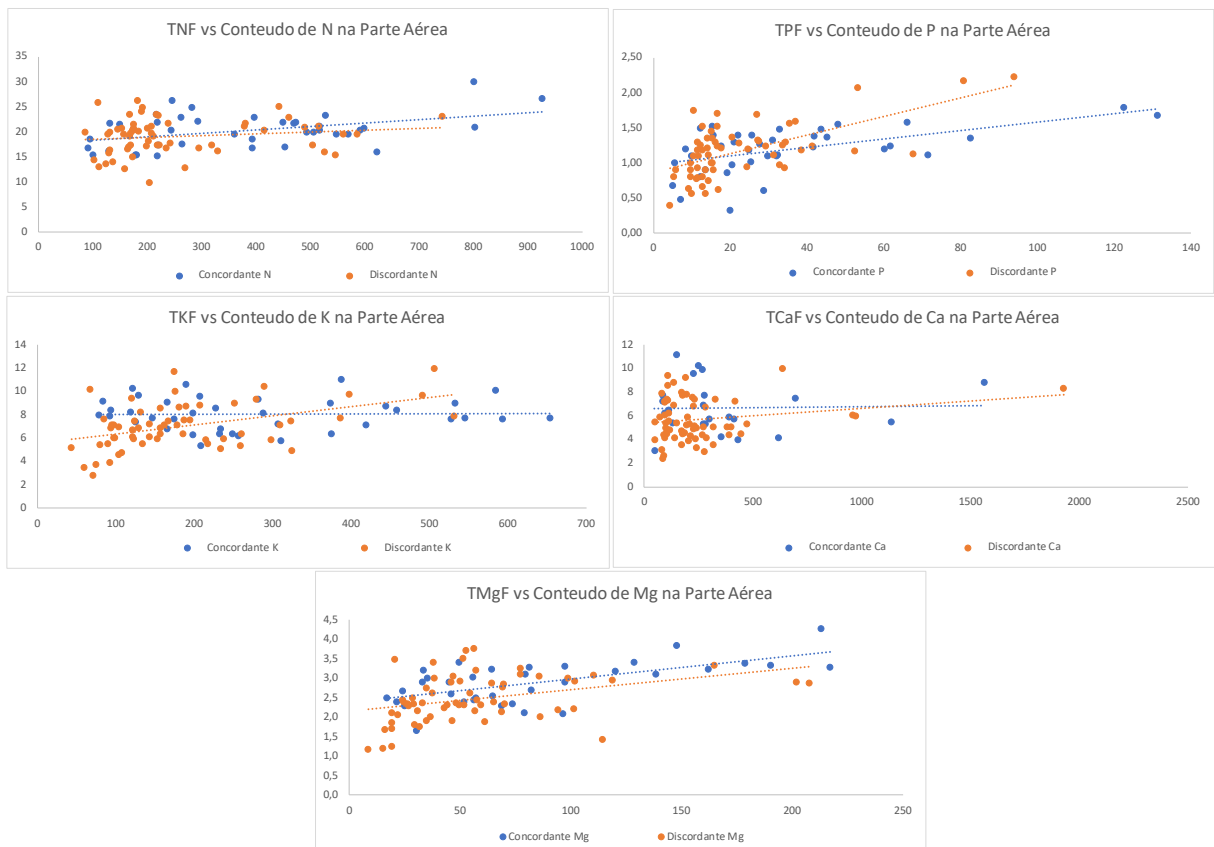
Tabela 5 – Coeficientes de correlação de Pearson entre o conteúdo de N, de P, de K, de Ca e de Mg e os teores foliares desses nutrientes, nas populações concordantes e discordantes da acumulação de biomassa da parte aérea e da acumulação do nutriente na parte aérea

População	Variável	Teor Foliar do Nutriente				
		N	P	K	Ca	Mg
Coeficiente de Correlação de Pearson (r)						
Concordante N_MSPA (n=39)	Conteúdo de N na Parte Aérea	0,428	0,399	-0,249	-0,061	0,127
Discordante N_MSPA (n=59)	Conteúdo de N na Parte Aérea	0,159	0,370	0,159	0,005	0,248
Geral da Acumulação de N_MSPA (n=98)	Conteúdo de N na Parte Aérea	0,324	0,363	-0,004	-0,045	0,183
Concordante P_MSPA (n=31)	Conteúdo de P na Parte Aérea	0,357	0,593	0,222	0,313	0,432
Discordante P_MSPA (n=67)	Conteúdo de P na Parte Aérea	0,160	0,572	0,276	-0,029	0,336
Geral da Acumulação de P_MSPA (n=98)	Conteúdo de P na Parte Aérea	0,197	0,538	0,236	0,181	0,395
Concordante K_MSPA (n=38)	Conteúdo de K na Parte Aérea	0,322	0,518	0,017	0,086	0,364
Discordante K_MSPA (n=60)	Conteúdo de K na Parte Aérea	0,145	0,436	0,449	0,046	0,338
Geral da Acumulação de K_MSPA (n=98)	Conteúdo de K na Parte Aérea	0,166	0,432	0,330	0,149	0,343
Concordante Ca_MSPA (n=23)	Conteúdo de Ca na Parte Aérea	0,260	0,424	0,085	0,023	0,149
Discordante Ca_MSPA (n=67)	Conteúdo de Ca na Parte Aérea	0,104	0,303	0,236	0,197	0,323
Geral da Acumulação de Ca_MSPA (n=90)	Conteúdo de Ca na Parte Aérea	0,158	0,343	0,221	0,172	0,283
Concordante Mg_MSPA (n=35)	Conteúdo de Mg na Parte Aérea	0,366	0,502	-0,029	0,176	0,632
Discordante Mg_MSPA (n=63)	Conteúdo de Mg na Parte Aérea	0,026	0,409	0,348	0,084	0,362
Geral da Acumulação de Mg_MSPA (n=95)	Conteúdo de Mg na Parte Aérea	0,108	0,428	0,221	0,165	0,505

Valores em negrito são significativos pelo menos a 5% de probabilidade

Para o teor foliar de P, as correlações com os acúmulos de P e dos outros nutrientes na parte aérea foram sempre significativas, diferentemente do observado para os demais nutrientes, para os quais isso variou conforme a população considerada (Tabela 5). Verifica-se também, na Tabela 5, ausência de correlações significativas entre o teor foliar de Ca e os conteúdos de Ca e dos outros nutrientes estudados. Essa ausência de correlações significativas para o teor foliar de Ca pode ser explicada com base na imobilidade de Ca no floema, ou seja, não há redistribuição de Ca na planta, via floema, e, também, pelo fato da posição de amostragem da folha, pois dada a imobilidade de Ca no floema a folha com maior sensibilidade para informar sobre o estado nutricional para Ca é a folha mais jovem e não a folha de posição mediana na copa.

Figura 11 – Gráficos de Dispersão para os teores foliares (g/kg) de N, de P, de K, de Ca e de Mg (eixo vertical) versus os conteúdos (kg/ha) desses nutrientes na parte aérea das populações concordante e discordante da acumulação desses nutrientes na parte aérea e da produção de biomassa da parte aérea



Neste trabalho, o efeito da idade das plantas sobre os teores foliares de N, de P, de K e de Mg - nutrientes com alto grau de mobilidade no floema, altamente ciclados pela via bioquímica - e sobre as relações duais entre esses nutrientes variou conforme o nutriente, tanto para a população concordante como para a discordante (Tabela 6).

Tabela 6 – Efeito da classe de idade sobre os teores foliares de N, P, K e Mg, e sobre suas relações duais, para as populações concordantes e discordantes da acumulação de biomassa da parte aérea e da acumulação desses nutrientes na parte aérea

Teor e Relação Dual na folha	População Superior							
	Concordante				Discordante			
	N_MSPA	P_MSPA	K_MSPA	Mg_MSPA	N_MSPA	P_MSPA	K_MSPA	Mg_MSPA
	Efeito da Classe de Idade ^{1/}							
N	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
P	ns	ns	ns	ns	*	**	*	*
K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mg	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N/P	ns				ns			
N/K	ns				ns			
N/Mg	ns				ns			
P/N		ns				ns		
P/K		ns				ns		
P/Mg		ns				*		
K/N			*				ns	
K/P			**				ns	
K/Mg			ns				ns	
Mg/N				ns				ns
Mg/P				ns				ns
Mg/K				ns				ns

1/ **, *, ns: efeito da classe de idade significativo a 1%, a 5% e ns, pelo teste F, respectivamente

Para ambas essas populações, vê-se na tabela 6, que, em geral, não houve efeito da idade nem sobre os teores nem sobre as relações duais entre os nutrientes avaliados, com poucas exceções: nas populações concordantes, houve efeito da acumulação de K sobre o teor foliar de N e sobre as relações duais K/N e K/P; nas populações discordantes, efeito da acumulação de N sobre o teor de P, efeito da acumulação de P sobre o teor foliar de P e sobre a relação P/Mg, efeito da acumulação de K sobre o teor foliar de P, efeito da acumulação de Mg sobre o teor foliar de P. Assim, nas populações concordantes, a frequência de efeitos significativos da idade foi de apenas 3 em 32 (considerando teores e relações duais), ou seja, de 9,38 %; nas populações discordantes, a frequência foi de 15,62 %.

Considerando que as populações, tanto as concordantes como as discordantes, são as da LFS do relacionamento da produção com a idade, ou seja, são compostas pelos povoamentos mais produtivos, esses resultados são consistentes com a conclusão de Galdino (2015) no sentido de os teores e as relações duais entre os nutrientes apresentarem alto grau de constância em função da idade das árvores, nos povoamentos de eucalipto mais produtivos.

Considerando, como já mostrado neste trabalho, a semelhança entre o padrão de variação da partição de biomassa para folhas e da partição do conteúdo do nutriente para folhas com a idade das árvores, e a ausência de efeito significativo da classe de idade sobre os teores e as relações duais entre nutrientes na folha, pode-se propor que os teores médios dos nutrientes e de suas relações duais, nas populações concordantes e discordantes, sejam representativos do estado nutricional de ambas essas populações superiores quanto à produção de biomassa da parte aérea de eucalipto clonal.

Assim, os teores médios dos nutrientes e as relações duais entre nutrientes das populações concordantes e discordantes são apresentados nas tabelas 7 e 8. Das 25 comparações feitas entre as médias dos teores foliares de cada nutriente sobre ele próprio e sobre os demais, 14 delas, ou seja, 56 %, diferiram quanto a média (Tabela 7)

Na tabela 7, ao se avaliar a influência do acúmulo de cada nutriente sobre ele mesmo, verificou-se que P, K, Ca e Mg diferiram quanto a média, exceto N. Notou-se também que, o acúmulo de N na parte aérea, nas populações concordantes, ou seja, naquelas que acumularam muito N e produziram muito, proporcionou aumento no teor de K, o que não ocorreu para o inverso, em que o acúmulo de K, não influenciou no teor do N. O maior acúmulo de P, influenciou no teor de Ca e Mg, cujos teores foliares aumentaram. O maior acúmulo de Ca, só não influenciou no teor de N. O maior acúmulo de Mg influenciou no teor de Ca.

Na tabela 8, para as médias das relações duais entre teores foliares de nutrientes, verifica-se que em 70 % das relações, em termos médios, mas em 100 % das relações diretas entre Mg e os demais, e em 75 % das relações diretas entre P e entre Ca e os demais, há diferença entre as populações concordantes ou discordantes quanto à acumulação do nutriente na parte aérea e a produção de parte aérea, mas, apenas 15 % das variâncias diferem entre as populações

Tabela 7 – Influência do acúmulo de cada nutriente na parte aérea sobre seu teor e sobre o teor foliar dos demais nutrientes, na LFS.

Influência do acúmulo de	CONCORDANTE	DISCORDANTE	t	CONCORDANTE	DISCORDANTE	F
	Média			Variância		
	g/kg			-		
N sobre N	20,34	19,02	ns	11,518	12,073	ns
N sobre P	1,19	1,16	**	0,106	0,143	ns
N sobre K	7,46	7,38	ns	2,359	3,846	ns
N sobre Ca	5,95	6,13	ns	5,067	2,983	*
N sobre Mg	2,63	2,61	ns	0,339	0,398	ns
P sobre P	1,24	1,15	**	0,089	0,144	ns
P sobre N	19,2	19,71	ns	9,691	13,374	ns
P sobre K	7,54	7,36	ns	2,390	3,640	ns
P sobre Ca	6,63	5,79	*	4,166	3,434	ns
P sobre Mg	2,77	2,55	**	0,412	0,343	ns
K sobre K	8,04	7,02	**	1,885	3,709	*
K sobre N	19,16	19,79	ns	8,892	14,243	ns
K sobre P	1,20	1,16	**	0,085	0,155	*
K sobre Ca	6,68	5,66	**	4,853	2,759	*
K sobre Mg	2,68	2,58	**	0,297	0,420	ns
Ca sobre Ca	6,69	5,66	*	4,614	3,038	ns
Ca sobre N	19,52	19,53	ns	18,456	10,930	ns
Ca sobre P	1,20	1,15	**	0,147	0,130	ns
Ca sobre K	8,13	7,21	*	3,014	3,404	ns
Ca sobre Mg	2,66	2,53	**	0,259	0,393	ns
Mg sobre Mg	2,88	2,48	**	0,287	0,365	ns
Mg sobre N	18,92	19,9	ns	9,072	13,690	ns
Mg sobre P	1,18	1,17	ns	0,120	0,133	ns
Mg sobre K	7,67	7,27	ns	2,259	3,748	ns
Mg sobre Ca	6,50	5,81	*	4,158	3,456	ns

*Significativo a 5%. **Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t (para médias) e pelo teste F (para variâncias); ^{ns}Não significativo

Tabela 8 – Influência do acúmulo de cada nutriente na parte aérea sobre suas relações duais.

Influência do acúmulo de	Relação dual	CONCORDANTE	DISCORDANTE	t	CONCORDANTE	DISCORDANTE	F
		Média			Variância		
N	N/P	18,14	17,79	ns	28,005	34,386	ns
	N/K	2,85	2,74	*	0,623	0,646	ns
	N/Ca	3,97	3,3	**	3,112	0,927	**
	N/Mg	8,07	7,78	ns	5,013	7,017	ns
P	P/N	0,06	0,06	ns	0,000	0,000	ns
	P/K	0,17	0,16	**	0,003	0,002	ns
	P/Ca	0,2	0,21	**	0,004	0,008	*
	P/Mg	0,47	0,46	**	0,018	0,017	ns
K	K/N	0,43	0,36	**	0,012	0,011	ns
	K/P	7,17	6,61	ns	6,325	8,773	ns
	K/Ca	1,33	1,31	ns	0,249	0,172	ns
	K/Mg	3,14	2,8	**	0,904	0,555	ns
Ca	Ca/N	0,36	0,3	**	0,020	0,009	**
	Ca/P	6,05	5,36	ns	6,472	5,167	ns
	Ca/K	0,85	0,82	**	0,081	0,072	ns
	Ca/Mg	2,57	2,35	*	0,724	0,920	ns
Mg	Mg/N	0,16	0,13	**	0,001	0,001	ns
	Mg/P	2,62	2,28	**	0,767	0,832	ns
	Mg/K	0,39	0,36	**	0,011	0,010	ns
	Mg/Ca	0,48	0,46	**	0,023	0,022	ns

*Significativo a 5%. **Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t (para médias) e pelo teste F (para variâncias); ns Não significativo

Para a população concordante, as frequências relativas de registros comuns para os nutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg) é mostrada na tabela 9, como também, para a população discordante.

Tabela 9 – Frequência relativa de registros comuns para os nutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg) na população concordante e na população discordante da acumulação de biomassa da parte aérea e da acumulação do nutriente na parte aérea

Registros Comuns para os nutrientes	População Superior	
	Concordante	Discordante
	Frequência Relativa (%)	
2 Nutrientes		
N, P	16,13	16,95
N, K	36,84	25,42
N, Ca	34,78	20,34
N, Mg	22,86	11,86
P, K	22,58	13,33
P, Ca	56,52	22,39
P, Mg	32,26	20,63
K, Ca	34,78	11,67
K, Mg	31,43	33,33
Ca, Mg	34,78	7,94
<i>Média</i>	<i>32,30</i>	<i>18,39</i>
3 nutrientes		
N, P, K	16,13	8,47
N, P, Ca	21,74	13,56
N, P, Mg	16,13	5,08
P, K, Ca	21,74	10,00
P, K, Mg	19,35	6,67
K, Ca, Mg	34,78	8,33
<i>Média</i>	<i>21,65</i>	<i>8,69</i>
4 nutrientes		
N, P, K, Ca	21,74	8,47
N, P, K, Mg	16,13	5,08
<i>Média</i>	<i>18,94</i>	<i>6,78</i>
5 nutrientes		
N, P, K, Ca, Mg	21,74	5,08
<i>Média</i>	<i>21,74</i>	<i>5,08</i>

Em relação à tabela 9, verifica-se, nas populações concordantes, que as frequências relativas de registros comuns envolvendo dois nutrientes são, em média, 75 % maiores do que nas populações discordantes, exceto apenas para os registros comuns para N e P, e para K e Mg, com valores de frequência relativa semelhantes entre as populações concordantes e discordantes. Esse padrão de maiores frequências relativas nas populações concordantes também ocorre para os registros comuns envolvendo três, quatro e todos os cinco nutrientes, evidenciando que nas populações concordantes maiores são as acumulações de vários nutrientes, já nas discordantes as menores acumulações variam mais entre os nutrientes, exceto, como já mencionado, para N e P, e para K e Mg. Como já mencionado neste trabalho a maior absorção de um nutriente pode aumentar a demanda pelo outro, desde que ambos sejam fornecidos em quantidades balanceadas, mas, pode resultar em decréscimos na resposta da planta a um outro nutriente, em situações em que esse outro nutriente está em baixa disponibilidade no solo.

Os resultados obtidos para o estado nutricional, com base na análise foliar, das populações concordantes e discordantes evidenciam a sensibilidade da análise foliar à acumulação do nutriente na planta. Os valores de médias dos teores e de relações duais entre nutrientes mostrados nas tabelas 7 e 8, e especialmente os da tabela 9 (os dos registros comuns para vários nutrientes) para a população discordante, podem ser utilizados para embasar os valores de referência (normas) para avaliar o estado nutricional de eucalipto quanto ao grau de balanço, com base no método dos índices balanceados de Kenworthy, já que esses valores foram obtidos em populações que harmonizam as maiores produtividade de biomassa com menor consumo de nutrientes. De modo análogo, os valores de relações duais entre teores foliares de nutrientes mostrados na tabela 8, para a população discordante, podem ser utilizados na avaliação do estado nutricional de eucalipto, com base no grau de equilíbrio.

4 – CONCLUSÕES

- Os teores e as relações duais entre teores variam com o grau de acumulação do nutriente em povoamentos de eucalipto;
- Há influência recíproca entre a acumulação de um nutriente sobre os teores foliares dos demais nutrientes;
- A análise foliar é sensível ao grau de acumulação do nutriente em árvores de eucalipto
- Valores de referência de teores e de relações entre teores de nutrientes devem ser obtidos em populações que harmonizam alta produtividade e baixo acúmulo de nutrientes

5 – REFERÊNCIAS

- BARROS, A. P. V. (2021). Produção de Madeira e Eficiência de Uso de Nutrientes Modelados Conforme a Classe de Produtividade de Povoamentos Clonais de Eucalipto. Dissertação de Mestrado. Viçosa, UFV, 81p.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (2010). Solos e Nutrição Florestal: Contribuição para a Silvicultura Brasileira. Revista Opiniões. Mar. p.26.
- BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., TEIXEIRA, J.L., FERNANDES FILHO, E.I. (1995). NUTRICALC 2.0 – Sistema para calculo del balance nutricional y recomendacion de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. Bosque 16:129-131.
- BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. (2002). Sustentabilidade da Produção de Florestas Plantadas na Região Tropical. Tópicos em Ciência do Solo. v.2. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, Brasil: 487-592.
- BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. dos. Diagnose visual e análise de plantas. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 20., Piracicaba, 1992. Anais, Piracicaba, Fundação Cargill, p. 369-393, 1992.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Pietermaritzburg, University of Natal, South Africa, 132p, 1973. (Soil Science. Bulletin, N° 1).
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.
- CARNEIRO, S. R. Sensibilidade das análises foliar e de solo ao acúmulo de nutrientes em plantas de soja com distintas produtividades de grãos. Dissertação de Mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 114p.

CORDIDO, J.P.B.R. (2019). Eficiências nutricionais máximas e mínimas em povoamentos de eucalipto. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 87p.

EPSTEIN, E. Physiological genetics of plant nutrition. In: EPSTEIN, E. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. New York, J. Wiley, 1972. p.325-344.

EVENHUIS, B, & WAARD, P. W. F. Principles and practices in plant analysis. In: FAO, Soils, Rome, p.152-163, 1980 (FAO. Bulletin, 38/1).

FERNANDES, L.V. (2010). Normas e determinação de faixas de suficiência para diagnose foliar com base no crescimento relativo de eucalipto. Dissertação de Mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 83p.

GALDINO, M. P. (2015). Valores de Referência e Faixas de Suficiência Nutricional para Avaliação do Estado Nutricional da Cultura do eucalipto no Brasil. Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, UFV. Viçosa – MG: 59 p.

SILVA, G.G.C da. (2001). Diagnose nutricional do eucalipto pelo DRIS, M-DRIS E CND. Dissertação de mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa.

IBÁ (2022). Indústria Brasileira de Árvores. <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>.

Acesso 20/07/2023.

KENWORTHY, A. L., 1961. Interpreting the balance of nutrient-elements in leaves of fruit trees. In: Reuther, W. (Ed.), Plant analysis and fertilizers problems. American Institute of Biological Science, Washington, pp. 28-43.

LIMA NETO, A. J. (2018). Constantes Vmax, Km, Cmin, Coeficiente de Partição e Análises de Solo e Folha na Recomendação de Adubação para Eucalipto. Tese de Doutorado em Fitotecnia, UFV. Viçosa – MG: 59p.

LIMA NETO, A.J et al. Nutrient accumulation and nutritional efficiency in eucalyptus. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 16, p. 2421-2434, 2021.

MARSCHNER, H. (Ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press, 2011.

NEVES, J. C. L. (2000). Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. 2000. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goitacazes, 202p.

ORTEGA, A. E.; MALAVOLTA, Eurípides. Los más recientes micronutrientes vegetales. **Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, Georgia**, v. 7, n. 1, p. 16-25, 2012.

PARENT, L. E. & DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117: 239-242, 1992.

ROCHA, J. B. O. (2008). Diagnose nutricional de plantios jovens de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo e Sul da Bahia. Viçosa, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, MG, Viçosa, 56p.

SOUZA, A. dos A (2023). Dinâmica de acumulação e de utilização de N, P, K e Mg em populações de eucalipto com máxima eficiência produtiva no Brasil. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus, BA, 48p.

TISDALE, S.L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. (1985) Soil fertility and fertilizers. 4 ed.: New York, Macmillan Publishing: 754p.