



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CRESCIMENTO, BIOMASSA E EFICIÊNCIA**  
**NUTRICIONAL DE HÍBRIDOS DE EUCALIPTO NA**  
**REGIÃO SUDOESTE DA BAHIA**

**WELLUMA TEIXEIRA BARROS**

**VITÓRIA DA CONQUISTA**

**BAHIA – BRASIL**

**2021**

**WELLUMA TEIXEIRA BARROS**

**CRESCIMENTO, BIOMASSA E EFICIÊNCIA  
NUTRICIONAL DE HÍBRIDOS DE EUCALIPTO NA  
REGIÃO SUDOESTE DA BAHIA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Vitória da Conquista, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. D.Sc. Patrícia Anjos  
Bittencourt Barreto-Garcia

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
2021

B273c

Barros, Welluma Teixeira.

Crescimento, biomassa e eficiência nutricional de híbridos de eucalipto na região Sudoeste da Bahia. / Welluma Teixeira Barros, 2021.

66f. : il.

Orientador (a): D. Sc. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2021.

Inclui referência F. 50 - 60.

1. *Eucalyptus*. 2. Cultura de Eucalipto – Produção – Utilização de nutrientes - Clones. 3. Genótipos superiores. I. Barreto-Garcia, Patrícia Anjos Bittencourt. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. T.III.

*CDD. 634.973766*

**Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**Área de Concentração em Fitotecnia**

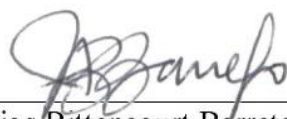
*Campus de Vitória da Conquista, BA*

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**Título:** Crescimento, biomassa e eficiência nutricional de híbridos de eucalipto na região Sudoeste da Bahia.

**Autora:** Welluma Teixeira Barros

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



---

Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (UESB)  
Presidente



---

Carlos Roberto Sanquetta (UFPR)



---

Marcos Vinicius Winckler Caldeira (UFES)

Data de realização: 31 de agosto de 2021.

*À minha mãe, Marileusa;*

*Ao meu pai, Valdir;*

*Ao meu esposo, Caio;*

*Ao meu irmão, Luan,*

***Dedico este trabalho, todo o meu amor e minha vida a vocês.***

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me iluminar e pela oportunidade de chegar até aqui, tornando os obstáculos apenas formas de deixar-nos mais fortes. Agradeço a minha mãe, pelo amor, força e apoio incondicional e por sempre acreditar e incentivar os meus estudos.

Ao meu pai, pelo carinho e cuidado.

Ao meu esposo, Caio, pela paciência, pela fé em mim depositada, pelo companheirismo, amor e amizade. Por sempre me incentivar para que eu continuasse seguindo em frente. Sem você ao meu lado, tudo seria muito mais difícil. Te amo muito!

Ao meu irmão, Luan, minha gotinha, pelas ligações inusitadas em vários momentos de concentração, para trazer alegria aos meus dias.

Aos meus avós, que, mesmo distantes, conseguem me encher de carinho. Que saudade de vocês!

À minha família, que estão na torcida, orando, mandando energias positivas sempre, mesmo sem saber o que está acontecendo direito. Em especial, minha sogrinha e minha Tia Vane, obrigada por estarem na caminhada comigo.

Aos amigos que estiveram presentes ao longo desse período, em especial: Bianca, Bruna, Larissa, Maicon, Mari, Samille e muitos outros que não caberiam em uma página. Obrigada pelas palavras, pela presença, apoio, carinho, por entenderem meus sumiços, por me ajudarem a espalhar e manter o foco. Sou grata também por estarem juntos comigo em mais uma etapa da vida. Sem vocês, não haveria a possibilidade da realização desta dissertação. Não existem palavras que possam descrever o meu amor por vocês.

À minha orientadora, Patrícia, por toda atenção, comprometimento, compreensão, empatia e paciência (haja paciência, eu sei). Obrigada Paty, por ser essa orientadora sem defeitos, que compreende o lado de cada orientando, se adapta à forma de cada um deles e, ainda assim, consegue manter tudo sobre controle. Quando crescer, quero ser como você.

Agradeço imensamente a todos que foram a campo realizar a coleta. Foi um trabalho árduo e, mesmo assim, tive incríveis pessoas que se mobilizaram para me ajudar, principalmente: Maicon, Mari, Jaqueline, Jeverson, Maritânia, Jamily, Fabiano, Júlia, Welder, Manoel, Isamara, Beto, Thais e Rafaela. Perdão àqueles que esqueci de

mencionar aqui, gostaria de poder colocar o nome de cada, mas a correria, tensão e cansaço dos dias não me permitiu memorizar todos.

Aos funcionários da DICAP: Murilo, Piaba, Marquinhos e Duda. A tarefa de tirar as raízes não foi nem um pouco fácil e, mesmo assim, não faltava alegria no campo. Não os julgo pelo pavor de acharem que vou levá-los ao campo novamente toda vez que aparecia na DICAP. Ficaria da mesma forma.

Ao professor Valdemiro Conceição, pela oportunidade, por ceder a área de estudo e por não medir esforços para ajudar.

Ao Professor Marcos Gervasio, pela parceria e peço desculpas pelo desespero e pressão.

À CAPES, pela bolsa oferecida durante a pesquisa.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela formação acadêmica concedida.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui. Muito obrigada!

*“... um dia me disseram, que as nuvens não eram de algodão. Um dia me disseram que os ventos às vezes erram a direção. E tudo ficou tão claro, um intervalo na escuridão. Uma estrela de brilho raro, um disparo para um coração... Somos quem podemos ser, sonhos que podemos ter”.*

**(E teremos)**

Engenheiros do Hawaii



## RESUMO

BARROS, W.T. **Crescimento, biomassa e eficiência nutricional de híbridos de eucalipto na região sudoeste da Bahia.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2021. 66 p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia).<sup>1</sup>

Dentre as espécies florestais mais utilizadas para exploração comercial, destacam-se as do gênero *Eucalyptus*, como resultado do seu rápido crescimento e boa adaptação a diferentes condições edafoclimáticas. Por meio da compreensão de aspectos relacionados à sua demanda de nutrientes e eficiência em converter os nutrientes absorvidos em biomassa, é possível obter a indicação de um genótipo com alta eficiência nutricional. O presente trabalho objetivou avaliar desempenho em crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de seis clones de híbridos de *Eucalyptus* em idade de corte (seis anos), na região do Sudoeste da Bahia. A área de estudo está localizada no município de Vitória da Conquista (BA) e é composta por sete híbridos de eucalipto, um proveniente de reprodução sexuada (seminal) e seis de reprodução assexuada (clonal). Foram obtidos dados de diâmetro à altura do peito (DAP) e altura, e realizada a determinação dos componentes da biomassa a partir da coleta de 21 indivíduos (três de cada híbrido), compartimentalizados por meio do método de simples separação. O peso de material fresco do fuste, raiz, galhos e folhas foi determinado no campo, e desses componentes se coletaram amostras para determinação do peso da matéria seca. As amostras de tecido vegetal foram analisadas para: N, P e K. Não foram encontradas diferenças significativas quanto ao DAP, H e biomassa total. O clone 1355 apresentou maior biomassa das raízes. Os clones diferiram quanto ao acúmulo de nutrientes nas árvores, que, em termos médios, obedeceu à seguinte ordem:  $N > K > P$ . Todos os genótipos apresentaram a mesma ordem de eficiência no uso dos nutrientes para formação da biomassa  $P > K > N$ . Os rendimentos mais expressivos de biomassa total foram, em geral, acompanhados por maiores valores de eficiência de absorção e utilização de nutrientes, com destaque para os clones 1355, 1296 e VM58. As variáveis de produção e nutrientes mostram maior diferenciação dos clones VM58, 1249 e 1355, o que sugere maior potencial de adaptação às condições estudadas, quando comparados ao *Eucalyptus urophylla* seminal. Levando em consideração a colheita apenas do fuste ou o fuste com a casca, os clones 1404 e 1249 propiciam maior número potencial de rotações, em especial, com base no nitrogênio.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus*; Clones; Utilização de nutrientes; Produção; Genótipos superiores.

---

<sup>1</sup> **Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. D.Sc. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

## ABSTRACT

BARROS, W.T. **Growth, biomass and nutritional efficiency of eucalyptus hybrids in southwestern Bahia.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2021. 66 p. (Dissertation: Master Science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science).<sup>2</sup>

Among the forest species most used for commercial exploration, the *Eucalyptus* genus stand out, as a result of its rapid growth and good adaptation to different edaphoclimatic conditions. By understanding aspects related to its nutrient demand and efficiency in converting absorbed nutrients into biomass, it is possible to obtain an indication of a genotype with high nutritional efficiency. The present work aimed to evaluate the growth performance, biomass production and nutritional efficiency of six clones of eucalyptus hybrids at cutting age, in the Southwest region of Bahia. The study area is located in Vitória da Conquista (BA) and is composed of seven eucalyptus hybrids, one from sexual reproduction (seminal) and six from asexual reproduction (clonal). Diameter at breast height (DBH) and height data were obtained and the biomass of tree components was determined from the collection of 21 individuals, compartmentalized through the simple separation method. The weight of fresh material from the stem, root, branch and leaves was determined in the field, and from these components samples were collected to determine the dry matter weight. Plant tissue samples were analyzed for: N, P and K. No significant differences were found regarding DBH, H and total tree biomass. Clone 1355 had higher root biomass. The clones differed in terms of nutrient accumulation in the trees, which, on average, followed the following order:  $N > K > P$ . All genotypes showed the same order of efficiency in the use of nutrients for biomass formation  $P > K > N$ . The most expressive yields of total biomass were, in general, accompanied by higher values of efficiency of absorption and use of some nutrients, especially for clones 1355, 1296 and VM58. The production and nutrient variables show greater differentiation of clones VM58, 1249 and 1355, which suggests greater potential for adaptation to the conditions studied when compared to *Eucalyptus urophylla* seminal. Taking into account harvesting only the stem or the stem with a bark, clones 1404 and 1249 provide a greater potential number of rotations, especially based on nitrogen.

**Keywords:** *Eucalyptus*; Clones; Nutrient use; Production; Superior genotypes

---

<sup>2</sup> **Advisor:** Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1A</b> – Dados de precipitação e temperatura máxima média no período de 2013 a 2019, no município de Vitória da Conquista, Bahia. ....	63
<b>Figura 2B</b> – Croqui da área experimental de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, estabelecido em blocos casualizados (DBC), com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 parcelas.....	64
<b>Figura 3B</b> – Croqui de um bloco experimental de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, composto por três linhas de 17 plantas cada, sendo considerada como parcela útil as 13 plantas centrais da linha intermediária.....	64
<b>Figura 4</b> – Curvas de crescimento em diâmetro de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, até os seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia. ....	32
<b>Figura 5</b> – Curvas de crescimento em altura de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, até os seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia. ....	33
<b>Figura 6</b> – Diagramas de ordenação das variáveis (A) e tratamentos (B) produzidos pela análise de componentes principais das variáveis dendrométricas (DAP, H), serapilheira total, biomassa arbórea total, eficiência nutricional (N, P e K), nutrientes na biomassa e serapilheira (N, P e K) associados a diferentes híbridos de eucalipto, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia. ....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Clones de híbridos de <i>Eucalyptus</i> utilizados no experimento.....	25
<b>Tabela 2</b> – Caracterização química e granulométrica do solo, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm dos locais de plantio, de clones de híbridos de <i>Eucalyptus</i> no município de Vitória da Conquista – BA.....	26
<b>Tabela 3</b> – Equações ajustadas para diâmetro à altura do peito e altura de árvores de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, até os seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	31
<b>Tabela 4</b> – Biomassa de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	34
<b>Tabela 5</b> – Estoque de nutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) dos componentes da biomassa das árvores e eficiência nutricional de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	36
<b>Tabela 6C</b> – Teores médios de nutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) dos componentes da biomassa de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	65
<b>Tabela 7</b> – Exportação de nutrientes em função da intensidade de colheita da biomassa de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	42
<b>Tabela 8</b> – Estimativa do número potencial de rotações, conforme intensidade de colheita da biomassa acima do solo, de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	43
<b>Tabela 9</b> – Necromassa de serapilheira ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	46
<b>Tabela 10</b> – Estoque de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na serapilheira de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	47
<b>Tabela 11C</b> – Teores médios de nutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na serapilheira de seis clones de híbridos de eucalipto e de <i>Eucalyptus urophylla</i> seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACP	Análise de Componentes Principais
Al	Alumínio
B	Boro
BE	Estoque de biomassa exportado
Ca	Cálcio
Cm	Centímetro
CN	Conteúdo de nutriente
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CP1	Componentes principais 1
CP2	Componentes principais 2
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
CUB	Coefficiente de utilização biológica
Cwb	Clima tropical de altitude
DAP	Diâmetro à altura do peito
EB	Estoque de nutrientes contidos na biomassa aérea
ES	Estoque de nutrientes no solo até 40 cm de profundidade
EUN	Eficiência de utilização dos nutrientes
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
g	Grama
H	Altura
H	Hidrogênio
ha	Hectare
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
K	Potássio
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio
KCl	Cloreto de potássio
Kg	Quilograma
m	Saturação por alumínio
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MS	Massa seca produzida
UM	Peso de matéria úmida
N	Nitrogênio
NE	Estoque de nutriente exportado
N <sub>F</sub>	Teor de nutriente nas folhas das árvores
NPR	Número potencial de rotações
N <sub>S</sub>	Teor de nutriente na serapilheira foliar
°C	Graus Celsius
P	Fósforo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de fósforo
PIB	Produto Interno Bruto
S	Enxofre
SBS	Sociedade Brasileira de Silvicultura

SC	Saída de nutrientes pela colheita
T	Capacidade de troca de cátions efetiva
TR	Taxa de remoção de nutrientes
V	Saturação por bases
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
2.1 A cultura do eucalipto no Brasil.....	18
2.2 Biomassa arbórea .....	20
2.3 Demanda de nutrientes e eficiência nutricional .....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1 Descrição das áreas .....	25
3.2 Crescimento e biomassa arbórea .....	26
3.3 Amostragens de solo e serapilheira.....	27
3.4 Nutrientes na biomassa e serapilheira .....	28
3.5 Simulação de intensidades de colheita.....	29
3.6 Análise estatística.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1 Crescimento em diâmetro e altura.....	31
4.2 Biomassa .....	34
4.3 Conteúdo de nutrientes e eficiência nutricional .....	35
4.4 Implicações nutricionais da colheita florestal .....	41
4.5 Serapilheira e ciclagem .....	45
5 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
APÊNDICE .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro representa 1,2% do PIB nacional e encontra-se em constante desenvolvimento. Em 2019, a área de florestas plantadas no Brasil totalizou 9,0 milhões de hectares (IBGE, 2020). Dentre as espécies florestais mais utilizadas para exploração comercial, destacam-se as do gênero *Eucalyptus*, que ocupam 77% da área total e estão distribuídas nas diferentes regiões do país, como resultado do seu rápido crescimento e boa adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (EMBRAPA, 2014).

No estado da Bahia, as plantações de *Eucalyptus* ocupam 0,59 milhões de hectares, estando concentradas, em sua maioria, na região Sul do estado (IBÁ, 2020). No entanto, estas áreas vêm se expandindo para regiões mais secas, onde a distribuição e quantidade de chuvas são fatores limitantes à produtividade, a exemplo da região Sudoeste do estado. A seleção de espécies adaptadas a essas condições são essenciais para garantir o sucesso da atividade florestal, uma vez que a seca e o aumento da temperatura representam os principais fatores abióticos que ameaçam o desempenho produtivo das culturas.

Desde o estabelecimento das primeiras florestas clonais comerciais no Brasil, em 1979, a produção de mudas de eucalipto por propagação vegetativa (clonagem) tem alcançado importantes avanços tecnológicos (Higashi et al., 2004; Kuppusamy et al., 2019; Eliyahu et al., 2020) e vem contribuindo consideravelmente para o sucesso dos empreendimentos florestais no Brasil. A utilização dessa técnica e de técnicas de hibridação tem permitido a obtenção de um elevado número de materiais genéticos (espécies e clones) adaptados às mais diversas condições edafoclimáticas, o que possibilita a expansão geográfica e atende a inúmeros tipos de exploração econômica.

Para garantir bons índices de produtividade com garantia da qualidade da madeira, os clones devem ser avaliados em diferentes condições ambientais. Além da capacidade adaptativa e produtiva, diante de limitações hídricas, também é importante compreender aspectos relacionados à sua demanda de nutrientes e eficiência em converter os nutrientes absorvidos em biomassa.

O crescimento das árvores e sua consequente produção de biomassa e acúmulo de nutrientes estão intimamente relacionados à qualidade do sítio e aspectos associados ao manejo do plantio (Wink et al., 2018). Isso torna necessário o



conhecimento das interações entre genótipo e ambiente. A indicação de um genótipo com alta eficiência nutricional, mesmo em condições ambientais restritivas (como baixa fertilidade do solo, escassez de recursos hídricos, excesso de sais etc.), pode ser o caminho para assegurar uma maior produtividade em menor espaço de tempo (Camargo et al., 2004; Resende et al., 2017).

Assim, a avaliação da eficiência de absorção e utilização de nutrientes por híbridos interespecíficos de eucalipto e sua relação com a biomassa produzida pode ser um importante aliado para o suprimento da demanda de madeira, principalmente, em condições de escassez de nutrientes no solo e limitações hídricas, como as ocorrentes na região Sudoeste da Bahia. Nessa região, a maior parte das plantações de eucalipto são voltadas para a produção de biomassa energética, adotando-se rotações curtas (entre 4 e 6 anos) e suplementação nutricional insuficiente, já que normalmente são empregadas apenas adubações fosfatadas de plantio (Oliveira et al., 2020).

Embora já tenham sido realizados diversos trabalhos sobre biomassa e eficiência nutricional em povoamentos homogêneos de *Eucalyptus*, em diferentes regiões do Brasil (Viera et al., 2015; Dick et al., 2016; Salvador et al., 2016; Medeiros, 2018; Wink et al., 2018; Rocha et al., 2019; Masullo et al., 2020), ainda não são encontrados registros na literatura acerca de estudos realizados em plantios clonais de eucalipto em idade de corte na região Sudoeste da Bahia. Até o presente momento, todo material plantado na região foi indicado por seus resultados em localidades próximas, como o Nordeste de Minas Gerais.

Nesse contexto, este estudo foi desenvolvido com objetivo de avaliar o desempenho em crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de seis clones de híbridos de *Eucalyptus* em idade de corte, na região do Sudoeste da Bahia, tendo como testemunha o *Eucalyptus urophylla* produzido por semente, tradicionalmente utilizado na região de estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do eucalipto no Brasil

No Brasil, a silvicultura possui grande importância na economia nacional. Em 2019, o setor alcançou 1,2% do PIB (Produto Interno Bruto), o que representou uma receita bruta total de R\$ 97,4 bilhões. O investimento produtivo do setor, nesse mesmo ano, foi de R\$ 4,6 bilhões (IBÁ, 2020). As áreas produtivas de florestas têm se destinado não somente à grande produção e geração de riqueza, como também à conservação do meio ambiente, já que reduz os impactos sobre as florestas nativas. Além disso, as florestas plantadas contribuem de forma significativa para a captura de CO<sub>2</sub>, constituindo-se em importantes sumidouros de carbono (Horst e Andrade Júnior, 2020).

O Brasil se destaca no cenário internacional devido às suas extensas florestas nativas tropicais e também pela produtividade dos plantios de florestas homogêneas com espécies exóticas. Segundo a FAO (2020), o Brasil apresenta a segunda maior área de florestas do mundo, ocupando 497 milhões de hectares (o que representa 59% do território nacional), ficando atrás apenas da Rússia, com 815 milhões de hectares. Segundo IBÁ (2020), o plantio de florestas homogêneas no Brasil tem o predomínio dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, totalizando 8,61 milhões de hectares, dos quais 6,97 milhões são ocupados por plantios de eucalipto e 1,64 milhões por plantios de pinus.

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, de ocorrência natural da Austrália e outras ilhas da Oceania (Fonseca et al., 2010). Possui cerca de 700 espécies distintas, adaptadas a diversas condições de clima e solo. O nome eucalipto também cabe a outros gêneros da família Myrtaceae, como os gêneros *Corymbia* e *Angophora* (Wilson et al., 2005; Parra-O et al., 2009). As sementes de *Eucalyptus* começaram a ser disseminadas no início do século XIX. Já no Brasil, o plantio de eucalipto iniciou-se em 1868, sendo intensificado no século XX (Finkenauer, 2013).

Dentre os principais usos do eucalipto estão a energia, a madeira roliça, a celulose e o papel, as chapas de fibras, as lâminas, os serrados e os óleos essenciais (Santarosa et al., 2014). O Brasil tem papel de destaque no complexo industrial

madeira-papel-celulose, sendo considerado o maior exportador de celulose do mundo, à frente de países como Canadá e Estados Unidos (IBÁ, 2020).

Nas últimas décadas, o Brasil vem se destacando como um dos maiores produtores de eucalipto no mundo, com uma elevada produtividade média, na ordem de  $35,3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Em nível nacional, a eucaliptocultura também tem obtido crescente destaque na economia, através da contribuição das instituições de pesquisa, empresas privadas e públicas do setor, na busca da melhoria da produção de bens e serviços, agregação de valor aos produtos florestais e geração de empregos (Pinto Júnior; Ahrens, 2010). O estado da Bahia possui uma participação significativa nesse cenário, atingindo, no ano de 2019, o quinto lugar em área de florestas plantadas, com 0,59 milhões de hectares de eucalipto (IBÁ, 2020).

De maneira geral, espécies de eucalipto têm sido preferencialmente plantadas no Brasil, devido à capacidade de adaptação a diversas regiões, ao uso de tecnologias de ponta na produção, ao rápido crescimento em ciclos de curta rotação (Vieira, 2006) e à resistência a estresses hídrico e térmico (Ramos et al., 2011). A adoção de boas práticas de manejo e programas de melhoramento genético de *Eucalyptus* também tem sido um grande diferencial para a disseminação de plantios de eucalipto no país. Vários clones e híbridos são desenvolvidos, buscando melhor desempenho e adaptação às mais diversas condições edafoclimáticas do país (SBS, 2010; Paludzyszyn Filho, 2014).

As espécies de eucalipto mais utilizadas no Brasil, em função das características de sua madeira, são: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus viminalis*. A hibridação interespecífica (cruzamento entre espécies) concede uma das vantagens do gênero que colabora para o alto desempenho em produção (Assis e Mafía, 2007; Castro et al., 2016). O *Eucalyptus urograndis* é um exemplo de híbrido resultante da combinação entre o *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Atualmente é o material genético mais utilizado no Brasil, reunindo as características mais importantes de ambas as espécies: *E. grandis* (crescimento e qualidade da madeira) e *E. urophylla* (adaptação e resistência a doenças, particularmente ao fungo *Cryphonectria cubensis*, causador do cancro do eucalipto) (Santarosa et al., 2014; Henson, 2011).

Com a expansão dos plantios de eucalipto para as diversas regiões do Brasil, é necessário adaptar as práticas silviculturais e o material genético. Através do melhoramento genético é possível reduzir os custos de produção, não necessitando de

grandes investimentos anuais, como ocorrem com os tratos culturais, e podem proporcionar materiais de qualidade superior (Borrvalho et al., 2007). Além disso, o melhoramento também torna viável a redução de custos com exploração e transporte, a diminuição da idade de corte e o aumento da produção por unidade de área (Ferreira, 1992).

## **2.2 Biomassa arbórea**

A biomassa pode ser definida como a quantidade de matéria orgânica de origem vegetal, viva ou morta (matéria seca, matéria úmida ou massa de carbono), produzida por unidade de área, presente em um determinado ambiente (Soares et al., 2011). A biomassa de origem vegetal, em florestas, pode ser denominada fitomassa, termo usado para indicar toda a biomassa existente na floresta ou a biomassa restrita à sua fração arbórea (Sanquetta, 2002). Segundo Birdsey (2006), a biomassa florestal total poder ser didaticamente separada em três partes: (1) biomassa acima do solo (troncos, tocos, galhos, copa, sementes e folhas); (2) biomassa morta acima do solo (serapilheira e galhos secos); e (3) biomassa abaixo do solo (raízes).

A avaliação da biomassa florestal é muito utilizada quando se visa à quantificação de madeira de todos os componentes da árvore (raízes, tronco e galhos), especialmente quando se tem em vista o seu emprego para fins energéticos ou uso de resíduos de manufatura de produtos florestais. Além disso, estimativas de biomassa representam um importante indicador para monitorar e avaliar os estoques de carbono e nutrientes de ecossistemas florestais (Higuchi et al., 1998; Habitzreiter, 2016).

A produção de uma floresta está relacionada à quantidade de radiação solar interceptada pela copa e a eficiência de conversão da radiação em biomassa. Assim, a produção de biomassa é influenciada por todos os fatores que afetam a fotossíntese e a respiração (como luz, temperatura, umidade e fertilidade do solo, doenças, concentração de CO<sub>2</sub>, estrutura e disposição das folhas, distribuição e comportamento dos estômatos, teor de clorofila e acumulação de carboidratos principais). Também pode variar de acordo com a espécie, sítio, idade do povoamento, espaçamento e aplicação de técnicas de manejo, como desbastes (Kadeba, 1994; Caldeira et al., 2001; Barros e Novais, 2010; Vogel, 2013; Ribeiro et al., 2017).

Geralmente a distribuição da biomassa, nos diferentes compartimentos das árvores, segue a ordem lenho > galhos > casca > folhas, podendo haver variações significativas de quantidade dentro de um mesmo compartimento (Curlin, 1970; Wirabuana et al., 2019; Poletto et al., 2020). No entanto, à medida que a floresta se desenvolve, verificam-se mudanças na dinâmica de produção de biomassa, ocorrendo uma gradativa redução da biomassa da copa das árvores e, ao mesmo tempo, um aumento na proporção dos componentes madeira e casca, que passa a representar mais de 80% da biomassa acima do solo em um povoamento maduro (Schumacher e Hoppe, 1997). A redução gradativa de folhas das copas com o avanço da idade se deve ao fato de que uma parte dos carboidratos é direcionada para a produção de biomassa da copa, porém, quando as copas começam a competir entre si por espaço, aumenta a produção relativa do tronco, pois a alocação da produção de carbono está voltada ao lenho, diminuindo aos poucos a produção de folhas e ramos (Schumacher, 1992).

A quantificação da biomassa das árvores pode ser realizada empregando métodos diretos ou indiretos. Pelo método direto (método destrutivo), as árvores amostrais são abatidas e todos os componentes pesados, coletando os dados e extrapolando os valores ao povoamento. Já pelo método indireto são obtidas estimativas por meio da utilização de dados de inventários florestais, modelagem e técnicas de sensoriamento remoto (Watzlawick et al., 2006; Soares et al., 2011; Vieira, 2011). O método direto tem como principal vantagem a determinação da biomassa real, porém, apresenta fatores limitantes, quando utilizado em grandes áreas, exigindo grande quantidade de recursos financeiros, tempo de coleta e mão de obra especializada (Watzlawick et al., 2011; Campos e Leite, 2013).

Por meio da quantificação de biomassa florestal, é possível avaliar o potencial de produção de um local e, com isso, traçar o planejamento e tomada de decisões em áreas de produção florestal (Odum, 1986; Gatto et al., 2014). Com os dados de biomassa e a concentração de elementos minerais, pode-se estimar o reservatório de nutrientes da floresta (Golley, 1975).

### **2.3 Demanda de nutrientes e eficiência nutricional**

Quando comparadas a outras espécies, as espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam baixa exigência nutricional em relação à fertilidade do solo. Por essa

razão, são consideradas produtivas mesmo em condições restritivas, especialmente devido aos avanços do melhoramento genético, adaptação climática e técnicas silviculturais (Rocha et al., 2007; Leite et al., 2011; Fernandes et al., 2018).

Os macronutrientes, extraídos em maior quantidade por plantas de eucalipto, seguem a ordem:  $Ca > N > K > Mg > P > S$ . Há um amplo consenso de que o teor de nutrientes é maior nas folhas (Resquin et al., 2020), sendo inferior no lenho, com valores intermediários nos galhos e cascas (Viera et al., 2012). Geralmente a quantidade acumulada difere do padrão observado para a biomassa, devido à diferença no teor de nutrientes entre os componentes (Reis e Barros, 1990). O estoque de nutrientes nas árvores de eucalipto costuma seguir a ordem  $fuste > raiz > folha > casca > galho$  (Witschoreck e Schumacher, 2015). Segundo Gonçalves (1995), os nutrientes que geram uma maior resposta em crescimento em povoamentos de eucalipto são:  $P > N > K > Ca > Mg$ .

De acordo com Marschner (2011), o nitrogênio e o fósforo são os nutrientes que mais limitam o crescimento e o desenvolvimento vegetal. O nitrogênio está presente em diversos processos metabólicos e síntese de moléculas de extrema importância para os vegetais, como a clorofila, estando envolvido na fotossíntese. Este nutriente está relacionado ao aumento da produção de área foliar, com o aumento da fotossíntese, que controla o ritmo de crescimento, o tamanho e o vigor das plantas, promovendo ganhos de produtividade (Smethurst et al., 2003). Na fase inicial do ciclo vegetativo, a absorção de N é maior e resulta em maior área foliar, com consequente maior fixação de  $CO_2$ .

Assim como o N, o fósforo é essencial para o desenvolvimento das plantas e está entre os nutrientes mais demandados. O adequado suprimento do P é fundamental no cultivo florestal, sendo considerado um nutriente limitante para o crescimento do eucalipto (Barros et al., 2013). O fósforo é um componente essencial para o metabolismo e divisão celular, uma vez que está envolvido em processos de produção de energia e ativação enzimática nas plantas, como a respiração celular, fotossíntese e síntese de compostos orgânicos (Taiz e Zeiger, 2012). Desempenha importante papel no crescimento das raízes e na taxa de crescimento inicial da parte aérea (Malavolta, 1989). A deficiência deste nutriente tende a comprometer a formação do sistema radicular (Schawambach et al., 2005).

O potássio, apesar de não compor nenhum composto orgânico e não realizar função estrutural na planta, também é um nutriente limitante, já que participa

ativamente de um grande número de enzimas (Malavolta et al., 1997). Atua na regulação da abertura e fechamento estomático, contribuindo para que o povoamento de eucalipto aumente a sobrevivência e resistência a ciclos de umedecimento e secagem, por favorecer a retenção de água nas plantas (Silveira e Malavolta, 2000).

A partir da quantificação dos nutrientes da biomassa e o entendimento da relação entre exploração e conteúdo de nutrientes disponíveis no solo, é possível definir estratégias para a manutenção da sustentabilidade do ecossistema, auxiliando também no entendimento das mudanças provocadas pela exploração florestal (Santana et al., 1999; Batista et al., 2015). Além disso, com a facilidade de adaptação de materiais clonais às diversas condições ambientais, é de suma importância entender aspectos ligados à demanda de nutrientes e à eficiência dos clones, em converter os nutrientes absorvidos em biomassa, ou seja, sua eficiência nutricional (Camargo et al., 2004; Gonçalves et al., 2013; Queiroz et al., 2020).

A estimativa da eficiência nutricional e da alocação de nutrientes em povoamentos de eucalipto é necessária para entender a demanda nutricional das plantas e a exportação e retorno de nutrientes para o solo, ao longo da rotação (Leite et al., 2011). Machado et al. (2001) definem eficiência nutricional como a capacidade da planta produzir alto rendimento em um meio que possua características que afetem diretamente a produção-padrão, ou seja, em condições de baixa disponibilidade.

Barros et al. (1986), usando enfoque fisiológico, propuseram estimar a eficiência do uso de nutrientes (EUN) a partir do cálculo do coeficiente de utilização biológico (CUB), definido pela relação entre a quantidade de biomassa produzida e quantidade de nutriente utilizado. Assim, uma maior eficiência nutricional implica em menores taxas de remoção de nutrientes com a remoção de componentes arbóreos do sítio e, portanto, a EUN deve ser levada em consideração na escolha de espécies a serem cultivadas, pois indica alta capacidade da planta em converter os nutrientes absorvidos em biomassa (Santana et al., 2002).

O fato de uma planta ser eficiente no uso de determinado nutriente não quer dizer que seja eficiente para outros (Barros et al., 2005). Da mesma forma, uma maior eficiência nutricional pode não indicar uma maior produção de biomassa (Santana et al., 1999), mas apenas uma possível redução na disponibilidade do nutriente no sítio e consequente necessidade de reposição (Barros, 1986).

Assim como a capacidade de utilizar nutrientes, a capacidade de absorção também é utilizada como critério na escolha de materiais genéticos que melhor se

adaptem a solos de baixa fertilidade, sendo de grande importância para assegurar elevada produtividade (Souza, 1994). Esses critérios são comumente considerados na seleção de genótipos superiores em programas de melhoramento de eucalipto no Brasil (Camargo et al., 2004; Batista et al., 2015).

O cultivo de genótipos com alta eficiência na absorção e, ou, utilização de nutrientes permite a otimização do uso dos nutrientes do solo e ameniza a tendência de exaustão de nutrientes por exportação, com ciclos sucessivos de cultivo (Barros e Novais, 1990; Molica, 1992). Isso contribui para o uso racional dos nutrientes e das condições de cada sítio, agregando maior sustentabilidade e redução de custos com a reposição de nutrientes através de fertilizantes químicos (Lima et al., 2005).

A eficiência do uso de nutrientes para a produção de madeira varia de acordo com a disponibilidade de nutrientes no solo, densidade populacional, espécie e materiais genéticos (Santana et al., 2002; Camargo et al., 2004; Schumacher et al., 2019; Coelho et al., 2021). Além desses aspectos, algumas características das plantas e do ambiente podem colaborar para o aumento da eficiência de absorção e utilização de nutrientes, podendo-se destacar a geometria e distribuição do sistema radicular, modificações químicas na rizosfera pela ocorrência de exsudação de substâncias capazes de solubilizar nutrientes, presença de micorrizas, tolerância a condições de baixo pH e a altos teores de alumínio trocável, e taxa de absorção em condições de baixas concentrações de nutrientes (Camargo et al., 2004).

Rosim et al. (2016), estudando plantios de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, observaram diferenças entre clones quanto a EUN, com influência na produção de biomassa. Viera et al. (2012), avaliando a eficiência de utilização de nutrientes em *Eucalyptus saligna* e híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, com 18 meses de idade, observaram eficiência de nutrientes para ambas as espécies, na ordem: S > P > Mg > N > K > Ca, para casca e galhos; S > P > Mg > K = Ca > N, para as folhas; e S > P > Mg > Ca > N > K, para o fuste.

O monitoramento da produção de biomassa e o conhecimento dos aspectos nutricionais de diferentes clones de eucalipto são ferramentas importantes para compreender a sua habilidade em crescer e se desenvolver em condições restritivas de solo e disponibilidade e água.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição das áreas

O estudo foi conduzido na fazenda Baixão (coordenadas geográficas: 14°49'42.66"S e 40°59'8.75"O), localizada no distrito de Pradoso, pertencente ao município de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. A área experimental é constituída por seis clones de híbridos de *Eucalyptus*, conforme descrito na Tabela 1, e *Eucalyptus urophylla* de origem seminal, que foi utilizado como referência, por ser a espécie mais cultivada na região de estudo.

**Tabela 1** – Clones de híbridos de *Eucalyptus* utilizados no experimento.

Clones	Espécies
I-144	<i>Eucalyptus urophylla</i>
1355	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
1404	<i>Eucalyptus urophylla</i>
1296	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
1249	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
VM058	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. tereticornis</i>

O experimento foi implantado em junho de 2013, utilizando delineamento em blocos casualizados (DBC), com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 parcelas. A parcela experimental foi composta por três linhas com 17 plantas cada, sendo considerada como parcela útil as 13 plantas centrais da linha intermediária. O plantio foi realizado manualmente, com o uso de hidrogel, empregando-se um espaçamento 3 m x 4 m e adubação na cova (300 gramas do adubo comercial Basifós Forest 2, que contém em sua composição N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, S, Mg, Zn, Mn, Cu e B). Antes do plantio, a área era ocupada por pastagem degradada e capoeira baixa.

A área de estudo está situada sobre o Planalto da Conquista, em altitudes que variam de 857 a 1.000 m. A região possui relevo plano a suavemente ondulado e clima tropical de altitude (Cwb), de acordo com a classificação de Köppen, com média anual de temperatura de 21°C e precipitação de aproximadamente 700 mm anuais (Alvares et al., 2013). O solo da área estudada possui textura argiloarenosa e pertence à classe

Latossolo Amarelo distrófico (Santos *et al.*, 2006). Na Tabela 2 pode ser observada a caracterização química e granulométrica desse solo na profundidade 0-40 cm.

**Tabela 2** – Caracterização química e granulométrica do solo nas profundidades de 0-20 c, e 20-40 cm dos locais de plantio de clones de híbridos de *Eucalyptus* no município de Vitória da Conquista – BA

	pH	N	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	SB	t	V	M	Areia	Silte	Argila
		g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			—%—			g kg <sup>-1</sup>						
0 – 20	4,4	0,71	2,0	0,13	0,6	0,5	1,2	6,0	0,00	1,2	2,4	17	49	630	20	350
20 – 40	4,4	0,64	1	0,08	0,3	0,2	1,3	4	0,06	0,6	1,9	11	67	630	30	340

<sup>(1)</sup>Análises realizadas de acordo com EMBRAPA (1979): pH (água); N pelo método kjeldahl; P e K extraíveis por Mehlich<sup>-1</sup>; Ca, Mg e Al trocáveis por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. H+Al = acidez potencial, t = CTC efetiva, SB = soma de bases, V = saturação por bases, m = saturação por alumínio. Foram utilizadas amostras compostas por 10 amostras simples, coletadas na área experimental.

### 3.2 Crescimento e biomassa arbórea

O crescimento dos clones foi acompanhado por meio de mensurações anuais do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total de todas as árvores da parcela experimental. As mensurações foram iniciadas no ano de 2014 e se estenderam até o ano de 2019, obtendo-se medidas desde 1 ano até 6 anos de idade. O diâmetro foi medido com uso de uma suta mecânica e a altura com emprego de um hipsômetro Haglof®.

Aos seis anos de idade, foi realizada a determinação da biomassa dos componentes arbóreos (folhas, galhos, fuste, casca e raiz). Para isso, foram selecionadas aleatoriamente e abatidas vinte e uma árvores (três de cada híbrido, uma de cada parcela experimental). A quantificação da

biomassa foi realizada pelo método da simples separação (Sanquetta et al., 2004). Fracionou-se cada árvore-amostra nos compartimentos folhas, galhos, fuste e raiz, que foram pesados em balança mecânica (capacidade de 150 kg e precisão de 50 g). Para coleta das raízes, foram abertas trincheiras de um metro cúbico, com o tronco de cada árvore-amostra posicionado na parte central, coletando-se todo material existente nesse volume. Após a pesagem, retiraram-se amostras de cerca de 300 g de cada um dos componentes.

As amostras de cada componente foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e conduzidas ao Laboratório de Solos e Biomassa Florestal, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, onde foram pesadas em balança analítica (0,01 g de precisão), colocadas em sacos de papel, secas em estufa de circulação forçada de ar ( $65 \pm 5$  °C até estabilização da massa seca) e pesadas novamente. Com base nos valores de peso úmido e seco de cada amostra e de peso úmido determinado em campo, estimou-se a biomassa seca (kg) de cada um dos compartimentos e total da parte aérea de cada árvore, conforme a equação 1. Os resultados de massa seca obtidos (kg) foram convertidos para  $Mg\ ha^{-1}$ .

$$MS(c) = \frac{MS(a)}{MU(a)} \cdot MU(c)$$

Equação 1.

Em que:  $MS(c)$  = biomassa seca (kg);  $MU(c)$  = peso de matéria úmida (kg);  $MU(a)$  = peso de matéria úmida da amostra levada ao laboratório (kg);  $MS(a)$  = peso de matéria seca da amostra (kg).

### **3.3 Amostragens de solo e serapilheira**

A amostragem da serapilheira acumulada sobre o solo foi realizada utilizando como referência as mesmas árvores-amostra selecionadas para a quantificação da biomassa. A coleta foi realizada a partir da delimitação de uma área de 1,0 m<sup>2</sup> (1,0 m x 1,0 m) no entorno do tronco de cada árvore-amostra, conforme adotado por Barreto et al. (2008). O material coletado foi separado manualmente em duas frações: (1) folhas e (2) outros componentes: galhos, cascas, estruturas reprodutivas e materiais não identificados. Após isso, o material foi seco a 65 °C em estufa de circulação forçada de

ar e pesado por meio de balança analítica, com precisão de três casas decimais. Os resultados de massa seca (g) obtidos foram convertidos para  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

### 3.4 Nutrientes na biomassa e serapilheira

As amostras secas dos componentes das árvores e serapilheira foram moídas em moinho de lâminas do tipo Willey e tamisadas em peneira (malha 20 mesh). Após isso, foram submetidas a análises químicas para determinação dos macronutrientes (N, P e K). Os teores de N foram determinados pelo método Kjeldahl (por digestão sulfúrica), de P, por espectrofotometria; e de K, por fotometria de chama, seguindo as metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

O conteúdo de nutrientes de cada um dos componentes da biomassa ( $\text{kg árvore}^{-1}$ ) foi obtido a partir da multiplicação dos teores médios dos nutrientes pelos respectivos valores de biomassa seca. O conteúdo de cada macronutriente na biomassa total foi obtido pela soma dos conteúdos dos compartimentos. A quantidade estocada por unidade de área ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) foi obtida pelo produto entre o conteúdo de nutrientes de cada componente da biomassa e o número de árvores por hectare.

O conteúdo de nutrientes na biomassa total foi considerado um indicativo da eficiência de absorção de nutrientes pelos diferentes clones estudados. A eficiência na utilização de nutrientes foi estimada com base no coeficiente de utilização biológica (CUB), de acordo com a equação 2, proposta por Barros et al. (1986).

$$\text{CUB} = \frac{\text{MS}}{\text{CN}}$$

Equação 2.

Em que: MS = massa seca produzida (kg); CN = conteúdo de nutriente, ou seja, nutriente utilizado (kg).

Para estimar a ciclagem biogeoquímica dos nutrientes contidos na serapilheira, foi considerada a variação percentual do teor de nutrientes entre folhas da parte aérea e folhas da serapilheira, conforme equação 3.

$$\text{Ciclagem (\%)} = \left[ \frac{N_F - N_S}{N_F} \right] * 100$$

Equação 3.

Em que:  $N_F$  = teor de nutriente nas folhas das árvores ( $\text{g kg}^{-1}$ );  $N_S$  = teor de nutriente na serapilheira foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ ).

### 3.5 Simulação de intensidades de colheita

Para estimar a remoção de nutrientes com a colheita das árvores de cada um dos clones estudados, foi considerada a quantidade de nutrientes acumulada na biomassa com base em três simulações de intensidades de colheita: (1) colheita de árvores inteiras (retirada de toda biomassa acima do solo: fuste + casca + folhas + galhos); (2) colheita do fuste com a casca com manutenção de folhas e galhos no sítio; e (3) colheita do fuste com manutenção de todos os resíduos (folhas, galhos e cascas). A estimativa do número potencial de rotações (NPR) diante das três simulações de colheita foi obtida conforme equação 4, adaptada de Barros et al. (1986), que propuseram metodologia de número potencial de cortes.

$$\text{NPR} = \frac{\text{ES} + \text{EB}}{\text{SC}}$$

Equação 4.

Em que: ES = estoque de nutrientes no solo até 40 cm de profundidade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), obtido a partir dos teores e densidade do solo nas profundidades 0-20 e 20-40 cm; EB = estoque de nutrientes contidos na biomassa aérea (folhas, galhos, casca e fuste) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); SC = saída de nutrientes pela colheita, de acordo com a simulação de colheita ( $\text{kg ha}^{-1} \text{rotação}^{-1}$ ).

Ainda considerando as três simulações, foi obtida a taxa de remoção de nutrientes, calculada pela relação entre os estoques exportados de nutriente e biomassa, conforme equação 5.

$$\text{TR} = \frac{\text{NE}}{\text{BE}}$$

Equação 5.

Em que: TR = taxa de remoção de nutrientes; NE = estoque de nutriente exportado, de acordo com a simulação de colheita; BE = estoque de biomassa exportado, de acordo com a simulação de colheita.

### 3.6 Análise estatística

Com propósito de avaliar o ritmo de crescimento das árvores, os dados de DAP e altura até seis anos de idade foram analisados por meio de regressão, empregando-se o programa científico de ajuste de curvas Sigmaplot® v.14.0.

Os resultados de biomassa e nutrientes foram analisados quanto à normalidade (Lilliefors) e homogeneidade das variâncias (Bartlett). As variáveis que não atenderam, inicialmente, aos requisitos de normalidade e, ou homogeneidade foram transformadas, adotando  $\sqrt{X}$  (biomassa foliar e total, conteúdo de N nas folhas e P nas folhas, casca e total e K folhas e raiz) ou  $\log X$  (biomassa dos galhos, N nos galhos e casca, P nos galhos, K nos galhos e eficiência nutricional de P). Após isso, os dados foram submetidos à análise de variância por meio do programa estatístico Assistat® v.7.7. Adotou-se o teste Tukey a 5% de significância para comparação de médias.

De forma complementar, os dados de DAP, H, biomassa acima e abaixo do solo, eficiência nutricional, nutrientes na biomassa e serapilheira foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), com uso do *software* Addinsoft XLSTAT®Version 2020.1.3 (Addinsoft, 2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Crescimento em diâmetro e altura

O modelo matemático que melhor explicou o crescimento dos clones e do *Eucalyptus urophylla* em diâmetro à altura do peito e altura, em função da idade, foi o exponencial simples, representado pelo modelo:  $Y = \beta_0 + \beta_1(1 - e^{\beta_2 X})$ . As equações de regressão ajustadas, tanto para o diâmetro quanto para a altura, podem ser observadas na Tabela 3.

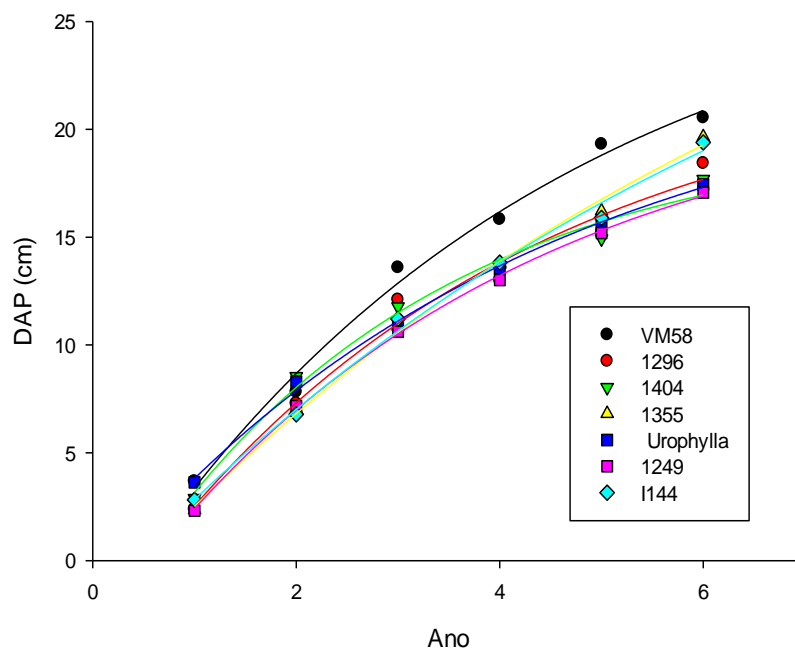
**Tabela 3** – Equações ajustadas para diâmetro à altura do peito e altura de árvores de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, até os seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia

Clone/Espécie	Equação	EP <sup>(1)</sup>	R <sup>2</sup> aj
VM58	H= -0,7604 + 50,3754*(1-e <sup>-0,1019x</sup> )	3,73	98,41*
	D = -3,3393+32,016*(1-e <sup>-0,2351x</sup> )	1,84	99,16*
1296	H= -1,9421 + 40,6813*(1-e <sup>-0,1468x</sup> )	2,02	99,14*
	D = -3,6926+26,9665*(1-e <sup>-0,2623x</sup> )	3,14	98,10*
1404	H= -0,9208 + 29,6904*(1-e <sup>-0,1962x</sup> )	8,03	95,32*
	D = -3,7077 + 23,7082*(1-e <sup>-0,3417x</sup> )	1,79	98,69*
1355	H= -1,361 + 40,4239*(1-e <sup>-0,1299x</sup> )	2,75	98,65*
	D = -2,4009 + 39,3849*(1-e <sup>-0,1332x</sup> )	0,60	99,69*
1249	H= -0,1541 + 48,6361*(1-e <sup>-0,0928x</sup> )	9,01	95,47*
	D = -3,557 + 25,8046*(1-e <sup>-0,2626x</sup> )	0,14	99,91*
I144	H= -1,3067 + 44,8512*(1-e <sup>-0,1136x</sup> )	0,59	99,72*
	D = -1,9636 + 37,3572*(1-e <sup>-0,1373x</sup> )	1,01	99,45*
<i>E. urophylla</i>	H= 0,4868 + 82,9445*(1-e <sup>-0,0463x</sup> )	2,24	98,82*
	D = -1,3388 + 24,7985*(1-e <sup>-0,2324x</sup> )	0,28	99,78*

EP = Estimativa do erro padrão; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação ajustado;

O comportamento das curvas ajustadas para o DAP, em função do tempo, demonstrou maior crescimento do clone VM58 a partir do terceiro ano (Figura 4). Esse resultado está em concordância com os resultados de Fernandes et al. (2018) que,

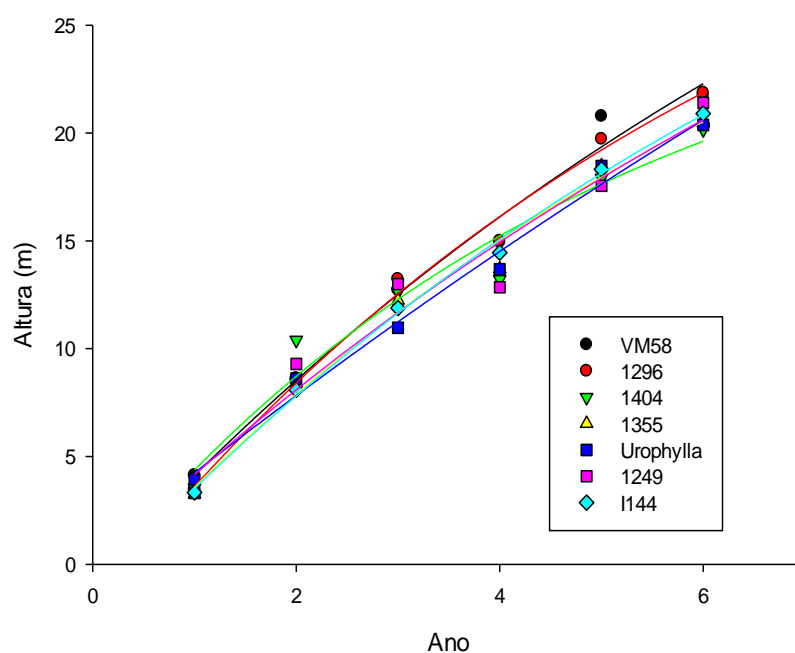
avaliando a fase inicial de estabelecimento do mesmo experimento, observaram maior crescimento do *Eucalyptus urophylla*, mas com indicativo de superação pelo clone VM58, após nove meses de idade. Também é possível observar que as curvas dos demais clones, em geral, mostraram padrão de crescimento semelhante entre si, com ligeira diferenciação da curva do clone I144, que apresentou maiores incrementos após os quatro anos de idade.



**Figura 4** – Curvas de crescimento em diâmetro de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, até os seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

As curvas de crescimento obtidas para a variável altura (Figura 5) mostraram comportamentos similares entre os clones estudados, com ligeira diferenciação dos clones VM58 e 1296 a partir dos três anos de idade. Isso também está em consonância com os resultados de Fernandes et al. (2018), que indicaram tendência de superação do crescimento em altura do VM58, em relação aos demais clones avaliados e ao *E. urophylla*. Em estudo realizado por Souza et al. (2017), no município de Ribas do Rio Pardo (MS), o clone VM58 apresentou menor altura, aos 4 anos de idade, quando comparados a oito clones avaliados. De forma semelhante, Figueiredo et al. (2020), analisando o mesmo clone em Aliança (TO), encontrou crescimento em altura 7,4% menor aos sete anos de idade em relação a outras espécies estudadas.





**Figura 5** – Curvas de crescimento em altura de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, até os seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

Embora seja possível notar diferenças nas curvas de crescimento, não foi observada variação significativa nas medidas de DAP e H aos seis anos de idade (Tabela 4), que apresentaram valores médios de 18,6 cm e 21,0 m, respectivamente. Silveira et al. (2014), avaliando *Eucalyptus dunnii* conduzido sob diferentes espaçamentos, também observaram semelhança estatística nos resultados de altura, atribuindo o resultado ao fato das árvores estarem competindo por luz, o que provocou um crescimento uniforme. Resultados próximos de DAP foram observados por Araujo et al. (2021) ao avaliarem 12 materiais genéticos de *Eucalyptus*, aos sete anos de idade, em espaçamento de 3,15 m x 3 m no município de Chapadão do Sul (MS) (média de 19,6 cm); e por Silva et al. (2021), no Sudeste Paraense, avaliando sete materiais genéticos de *Eucalyptus* aos 80 meses em espaçamento 1,75 x 3 m (média de 20,4 cm de DAP 21,4 m de altura). Por sua vez, Ferreira et al. (2017) encontraram resultados inferiores de DAP e próximos de altura ao estudarem sete materiais genéticos de *Eucalyptus*, em espaçamento 3 x 2 m, aos 80 meses de idade, na região do Médio Paraíba do Sul, RJ (médias de 14,02 cm de DAP e 21,32 m de altura).

**Tabela 4** – Biomassa de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia

Clone/ Espécie	DAP (cm)	H (m)	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )					
			Folhas	Galhos	Fuste	Casca	Raiz	Total
VM58	20,54 a	21,75 a	6,47 a	20,87 a	136,36 a	7,27 a	34,75 abc	205,72 a
1296	18,42 a	21,86 a	5,69 a	22,84 a	140,13 a	3,65 a	34,66 abc	206,97 a
1404	17,69 a	20,16 a	4,43 a	15,38 a	82,21 a	4,40 a	18,51 c	124,93 a
1355	19,65 a	20,59 a	4,20 a	17,07 a	137,74 a	6,01 a	47,91 a	212,93 a
1249	17,07 a	21,40 a	5,74 a	26,23 a	101,90 a	4,14 a	41,87 ab	179,87 a
I144	19,39 a	20,90 a	5,53 a	13,16 a	114,96 a	4,03 a	26,90 abc	164,59 a
<i>E. urophylla</i>	17,45 a	20,37 a	1,64 a	13,60 a	64,47 a	3,39 a	20,82 bc	103,92 a

\* Letras iguais, na vertical, que comparam a biomassa de componente arbóreo entre espécies, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.  
DAP = diâmetro na altura do peito; H = altura.

## 4.2 Biomassa

O estoque de biomassa total não variou entre os tratamentos (Tabela 4), representando aproximadamente 171,28 Mg ha<sup>-1</sup>. Apesar disso, nota-se que três dos clones estudados (VM058, 1296 e 1355) produziram biomassa equivalente ao dobro, ou quase o dobro, da biomassa do *Eucalyptus urophylla* (Tabela 4). Isso é indicativo da maior capacidade adaptativa desses clones, que se refletiu em maior resposta em biomassa, e corrobora os resultados de DAP, discutidos anteriormente. Segundo Leles et al. (1998), tal capacidade pode ser resultante de características do material genético, como maior eficiência no controle estomático e maior tamanho ou expansão do sistema radicular, que estaria permitindo crescimento mais satisfatório desse clone em ambiente que apresenta considerável déficit hídrico.

Os resultados de biomassa total observados para os diferentes tratamentos no presente estudo estão dentro da faixa de resultados encontrados para clones de híbridos de *Eucalyptus* com seis anos de idade, como os de Schumacher et al. (2011) em Vera

Cruz -RS (192,67 Mg ha<sup>-1</sup>) e Gatto et al. (2011) na região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais (140,75 a 206,22 Mg ha<sup>-1</sup>).

Dentre os diferentes compartimentos da biomassa, apenas a biomassa de raízes mostrou diferenças entre os tratamentos. O maior valor foi encontrado no híbrido 1355, mas este só se distinguiu do *E. urophylla* e clone 1404 (Tabela 4), cuja diferença representou 57 e 61%, respectivamente. A produção de biomassa está intimamente relacionada com a capacidade produtiva do sítio e condições edafoclimáticas (Wang et al., 2008; Resquin et al., 2019; Cavalli et al., 2020; Rocha et al., 2020). Diante de condições de estresses nutricionais e, ou hídricos mais acentuados, a produção de biomassa de raízes é incrementada (Gonçalves, 1994; Mello e Gonçalves, 2008). Assim, segundo Gonçalves e Mello (2000), as árvores alocam mais fotoassimilados nas raízes, em detrimento dos demais componentes arbóreos. Outra resposta comum do eucalipto ao estresse hídrico é a redução da formação e expansão da área foliar e diminuição da biomassa vegetal (Müller et al., 2017). Quando tolerantes à seca, as árvores podem manter, ou pelo menos ter a produção de biomassa menos afetada, devido às diferentes adaptações fisiológicas.

A distribuição dos estoques de biomassa nos diferentes componentes mostrou maior participação do fuste (64,9 %), seguido das raízes (18,8 %), galhos (10,8 %), folhas (2,8 %) e casca (2,7 %) (Tabela 4). Esse mesmo padrão de distribuição, exceto pela inversão da participação das folhas e casca (fuste > raízes > galhos > casca > folhas), foi verificado por Gatto et al. (2014) em povoamento de um híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* aos cinco anos de idade, no Distrito Federal. Poletto et al. (2020) também verificaram distribuição de biomassa semelhante para um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus* sp. com 76 meses de idade, embora não tenham quantificado o sistema radicular (fuste> galhos> casca> folhas).

Schumacher et al. (2011), avaliando povoamentos de diferentes espécies de *Eucalyptus*, notaram que, aos 2 anos de idade, 47 % da biomassa era madeira, enquanto aos 8 anos a proporção da biomassa na madeira aumentou para 74,4 %, com redução da biomassa relativa dos demais componentes.

#### **4.3 Conteúdo de nutrientes e eficiência nutricional**

De modo geral, o estoque de nutrientes na biomassa diferiu entre os clones e, em termos médios, obedeceu à seguinte ordem de distribuição: N > K > P (Tabela 5). O componente folhas foi o único que não mostrou variação entre os clones quanto estoque de nutrientes, possivelmente como reflexo da ausência de variação na biomassa e teores de nutrientes.

O nitrogênio foi o nutriente que mais evidenciou diferenças entre os tratamentos, apresentando maior estoque nas raízes, seguido do fuste, folhas, galhos e casca. O *Eucalyptus urophylla* superou todos os demais tratamentos no estoque de N na biomassa total e nas frações galhos e raízes. Apesar de possuir maiores quantidades de N, a espécie não se destacou em produtividade de biomassa (Tabela 5). Tal resultado também foi encontrado por Harrison et al. (2000), que observaram maior quantidade de N na biomassa total de *E. urophylla*, aos 41 meses, em relação a *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*.

**Tabela 5** – Estoque de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) dos componentes da biomassa das árvores e eficiência nutricional de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

Clone/Espécie	Componentes da biomassa						EUN
	Folhas	Galhos	Fuste	Casca	Raiz	Total	
	Nitrogênio						
VM58	159,37 a	80,14 b	204,18 ab	28,33 a	302,91 b	774,93 b	436,77 bc
1296	140,32 a	70,25 b	212,62 ab	19,98 a	193,19 b	636,36 b	561,98 ab
1404	127,77 a	24,58 d	124,11 ab	17,46 a	144,42 b	438,34 b	463,27 bc
1355	105,55 a	26,62 cd	207,54 ab	14,38 a	222,61 b	576,7 b	608,29 a

1249	174,06 a	60,24 bc	75,05 b	19,84 a	263,22 b	592,41 b	461,99 bc
I144	154,15 a	72,54 b	260,23 a	19,09 a	165,16 b	671,17 b	417,68 c
<i>E. urophylla</i>	67,24 a	533,65 a	194,08 ab	10,42 a	777,86 a	1583,25 a	103,92 d
Fósforo							
VM58	7,92 a	13,76 a	80,63 a	4,86 a	33,08 a	140,26 a	2394,34 d
1296	7,82 a	16,28 a	37,78 ab	3,04 a	23,69 ab	88,61 ab	3932,83 a
1404	6,04 a	8,30 a	37,66 ab	2,92 a	12,07 b	66,99 ab	2998,67 b
1355	7,28 a	11,12 a	62,98 ab	4,00 a	34,39 a	119,78 ab	2873,62 bc
1249	8,85 a	16,32 a	50,68 ab	2,61 a	28,24 ab	106,71 ab	2573,57 cd
I144	9,52 a	12,92 a	57,53 ab	2,29 a	20,08 ab	102,35 ab	2686,67 bcd
<i>E. urophylla</i>	4,42 a	8,26 a	29,20 b	2,53 a	16,1 ab	60,52 b	2695,5 bcd
Potássio							
VM58	58,04 a	47,96 abc	71,46 a	15,51 a	159,56 a	352,53 a	960,28 cd
1296	44,68 a	83,87 a	155,65 a	8,54 ab	40,41 cd	333,14 a	1060,81 bcd
1404	27,05 a	21,13 d	75,05 a	15,79 a	43,22 cd	182,22 a	1096,31 bcd
1355	25,83 a	22,88 cd	125,5 a	5,8 ab	101,57 ab	281,58 a	1225,52 ab

1249	45,21 a	54,97 ab	133,48 a	3,99 b	81,7 bc	319,35 a	864,93 d
I144	33,37 a	25,73 bcd	102,99 a	5,48 ab	35,48 cd	203,05 a	1363,74 a
<i>E. urophylla</i>	22,65 a	28,65 bcd	58,19 a	11,11 ab	24,23 d	144,82 a	1136,20 abc

\* Letras iguais, na vertical, que comparam os conteúdos de nutriente de cada componente arbóreo entre espécies, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. EUN = Eficiência de utilização de nutrientes em kg de biomassa total/ kg de nutriente utilizado

O fósforo e o potássio apresentaram a mesma sequência de distribuição entre componentes da biomassa arbórea (fuste > raiz > galho > folha > casca). Uma maior participação do fuste na alocação desses nutrientes também foi observada por Carvalho et al. (2015), avaliando um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. No caso do fósforo, o clone VM58 se destacou, apresentando os maiores estoques no fuste e na biomassa total, em relação ao *E. urophylla*, e na raiz em relação ao clone 1404, que apresentou menor estoque desse nutriente.

No que diz respeito ao potássio, as diferenças entre tratamentos ocorreram apenas nos componentes galhos, casca e raiz. Os clones VM58, 1296 e 1249 apresentaram maiores estoques nos galhos, mas estes se distinguiram apenas do clone 1404. Para a fração casca, os maiores resultados foram observados nos clones VM58 e 1404, embora diferindo apenas do clone 1249. Nas raízes, o clone VM58 superou a grande maioria dos tratamentos, enquanto o *E. urophylla* apresentou o menor resultado nesse componente.

De modo geral, o VM58 foi o clone que apresentou as maiores reservas nutricionais, o que é indicativo de uma maior capacidade de absorção de nutrientes. Diferenças nutricionais entre espécies sob mesmas condições climáticas e fertilidade do solo podem estar relacionadas à especificidade de cada material genético, que, por sua vez, pode estar associada a diferentes capacidades de absorção de nutrientes (Wadt et al., 1999). Geralmente as plantas acumulam biomassa em determinado componente como forma de minimizar a limitação de um recurso. Dessa forma, a planta pode aumentar a absorção de nutrientes pelo aumento da biomassa radicular, longevidade das raízes, absorção por unidade radicular ou extensão da colonização por micorrizas (Chapin III et al., 2002).

A distribuição relativa dos nutrientes nos diferentes componentes da biomassa dos clones mostrou, em geral, maior participação das raízes, no caso do N (37%); e do fuste, no caso do P (52%) e K (41%). O maior destaque de nutrientes no fuste e raízes está relacionado à maior alocação de biomassa arbórea (cerca de 83,7% no total). No entanto, considerando que o fuste é a parte da árvore a ser explorada comercialmente, poderá haver menor exportação de nitrogênio com a retirada desse componente no clone 1249 e *Eucalyptus urophylla* (em média, 13%), quando comparados aos demais clones (em média, 33%) e de potássio no clone VM58 (20%) em relação aos outros tratamentos (44%), o que sugere que o plantio desses híbridos geraria menor comprometimento da capacidade produtiva do sítio. Por outro lado, a significativa participação das raízes na estocagem de nutrientes demonstra a importância da inclusão da quantificação da biomassa de raízes em avaliações de desempenho em campo, apesar das dificuldades impostas pela sua amostragem.

A eficiência de utilização dos nutrientes para produção de biomassa total variou entre os tratamentos. Os híbridos 1355 e 1296 se destacaram na eficiência de utilização de N, embora com diferenciação apenas em relação ao clone I144 e *Eucalyptus urophylla*, que apresentaram os menores resultados. Por sua vez, o 1296 foi o híbrido mais eficiente no uso de P, enquanto, para K, os híbridos 1355 e I144 e *Eucalyptus urophylla* foram os que mostraram maior eficiência. Faria et al. (2008), estudando a produtividade de genótipos de *Eucalyptus* spp. no Vale do Jequitinhonha (MG), também observaram que o I144 estava entre os híbridos mais eficientes no uso de K.

Do ponto de vista nutricional, uma espécie eficiente é aquela capaz de sintetizar o máximo de biomassa por nutriente absorvido (Caldeira et al., 2002; Schumacher et al., 2019). Uma maior eficiência na utilização de nutrientes normalmente é reflexo de uma menor exigência nutricional e, portanto, pode resultar em menor exportação de nutrientes, devendo ser levada em consideração na seleção de espécies e para garantir a sustentabilidade na produção florestal (Batista et al., 2015). Todavia, uma elevada eficiência nutricional pode estar associada a ineficiências na planta, como uma baixa translocação das raízes para a parte aérea, ou a uma deficiência nutricional (Caradus, 1992).

Todos os clones, assim como o *Eucalyptus urophylla*, apresentaram a mesma ordem de eficiência no uso dos nutrientes para formação da biomassa ( $P > K > N$ ). Padrão de distribuição semelhante foi observado em outros estudos com *Eucalyptus*

(Faria et al., 2008; Schumacher et al., 2019). Por outro lado, para o mesmo gênero, Viera et al. (2015) e Ludvichak (2016) observaram padrão semelhante, porém com maior eficiência do N em relação ao K. O N possui eficiência de uso relativamente baixa, quando comparado aos outros nutrientes, devido à grande quantidade deste elemento nas folhas, pelo fato de estar relacionado à funcionalidade respiratória e manutenção dos processos fotossintéticos e à retranslocação interna, voltando ao solo através da queda de serapilheira, sendo, assim, novamente integrado ao ciclo biogeoquímico (Caldeira et al., 2002; Taiz e Zeiger, 2013).

Os valores de eficiência de uso de P dos clones estudados são baixos, quando comparados à faixa de valores observados por Barros et al. (1986) para fuste de clones de eucalipto no Brasil (3.000 a 11.200 de EUN em P). De forma semelhante, a eficiência no uso de potássio, verificada para os diferentes clones (Tabela 5), também é baixa em relação a resultados de estudos, como os de Gonsaga (2017), que avaliou clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos seis anos de idade e observou EUN entre 13.439 e 32.930; e de Safou-Matondo et al. (2005), que avaliou clones de *E. grandis* x *E. saligna*, aos oito anos de idade, e verificou EUN de 1160 a 2040.

Esses baixos resultados de eficiência de P e K indicam que as condições ambientais às quais os clones estão expostos (disponibilidade de água e atributos edáficos) (Tabela 2 e Apêndice A) podem estar limitando sua capacidade de absorção e reutilização de nutrientes. O comportamento da eficiência do K reflete na eficiência do P, sendo que ambos são fortemente dependentes de água para a absorção. Sendo assim, a baixa eficiência nutricional de fósforo e potássio pelos clones no presente estudo pode estar relacionada a limitações hídricas na área.

Assim como a eficiência no uso de P e K, a eficiência no uso de N (Tabela 5) também é inferior a resultados observados para *Eucalyptus* em outras regiões do Brasil (Faria et al., 2008). Além de ser influenciada pelas condições hídricas, de acordo com Santana et al. (2002), variações na EUN pode ocorrer devido a vários fatores, a exemplo das características intrínsecas do material genético e ausência de equilíbrio nutricional ideal ou crítico entre a planta e o solo. Isso sugere que os clones avaliados poderão ter melhor desempenho com o manejo nutricional adequado, uma vez que, conforme discutido anteriormente, tiveram uma considerável produção de biomassa, mesmo diante de uma adubação insuficiente, visto que foi realizada somente a adubação de plantio.



#### 4.4 Implicações nutricionais da colheita florestal

A estimativa de exportação de nutrientes para os diferentes tratamentos, de acordo com a intensidade de colheita, está apresentada na Tabela 7. A colheita da árvore inteira promove grande impacto na exportação de nutrientes, quando comparada à colheita apenas do fuste, o que corresponde a uma diferença de 71 a 339% para o nitrogênio, 33 a 72% para o fósforo e 43 a 170% para o potássio. Isso evidencia a importância do manejo com conservação de todos os resíduos de colheita em campo para a sustentabilidade da produção florestal e redução de custos com fertilizantes. Segundo Santana et al. (2008), aproximadamente, 75% de N, P, K, Ca e Mg estão em outros componentes da parte aérea da árvore, e não no lenho, demonstrando, assim, a importância do descascamento e manutenção da copa no campo.

De acordo com a simulação, a colheita do fuste com a casca resultou na remoção de 5-26% do nitrogênio, 4-9% do fósforo e 3-22% do potássio, quando comparada à colheita do fuste sem a casca, demonstrando a importância da manutenção da fração casca no campo, com objetivo de reduzir efeitos negativos da colheita sobre a fertilidade do solo. Segundo Santana et al. (1999), embora representem apenas 10% da biomassa das toras, as cascas possuem elevados teores de nutrientes.

O *E. urophylla* foi o tratamento que apresentou resultados menos expressivos de exportação de nitrogênio (5%) na simulação de colheita do fuste com casca. Isso se deve ao fato do *E. urophylla* apresentar grande quantidade de nitrogênio nos galhos (Tabela 4). Por outro lado, o clone 1249 mostrou maior exportação de nitrogênio nas simulações de colheita fuste com casca e de árvore inteira (26-339%). Quanto ao fósforo, o clone I144 foi o tratamento que mostrou menor exportação (4%) na simulação da colheita do fuste com casca, enquanto o clone VM58 apresentou menor exportação na colheita da árvore inteira. Todavia, esse último clone foi o tratamento que apresentou maior expressão na exportação de potássio em ambas as simulações. Segundo Bizon (2005), espécies que extraem maiores quantidades de nutrientes a cada rotação podem fazer com que o sítio chegue à exaustão com mais facilidade, tornando

necessária a adição de mais fertilizantes, a redução da intensidade de colheita e adoção de práticas conservacionistas para assegurar a manutenção da produtividade.

**Tabela 7** – Exportação de nutrientes em função da intensidade de colheita da biomassa de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

Clone/Espécie	Nutrientes	Intensidade de colheita na biomassa		
		Fuste	Fuste c/ casca	Árvore inteira
VM58	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	136,36	143,63 (5,33)	170,97 (25,38)
	N	204,18	232,51 (13,88)	472,03 (131,18)
	P (kg ha <sup>-1</sup> )	80,63	85,50 (6,03)	107,18 (32,92)
	K	71,46	86,97 (21,71)	192,97 (170,05)
1296	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	140,13	143,78 (2,60)	172,32 (22,97)
	N	212,62	232,60 (9,40)	443,17(108,43)
	P (kg ha <sup>-1</sup> )	37,78	40,82 (8,04)	64,92 (71,82)
	K	155,65	164,19 (5,49)	292,73 (88,07)
1404	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	82,21	86,60 (5,35)	106,41 (29,44)
	N	124,11	141,57 (14,07)	293,93 (136,82)
	P (kg ha <sup>-1</sup> )	37,66	40,58 (7,75)	54,93 (45,84)
	K	75,05	90,84 (21,03)	139,01 (85,22)
1355	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	137,74	143,75 (4,36)	165,02 (19,81)
	N	207,54	221,92 (6,93)	354,09 (70,62)
	P (kg ha <sup>-1</sup> )	62,98	66,98 (6,36)	85,39 (35,58)
	K	125,50	131,29 (4,62)	180,01 (43,44)
1249	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	101,90	106,04 (4,06)	138,00 (35,43)
	N	75,05	94,89 (26,44)	329,19 (338,62)
	P (kg ha <sup>-1</sup> )	50,68	53,29 (5,15)	78,46 (54,82)
	K	133,48	137,47 (3,00)	237,65 (78,05)

	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	114,96	119,00 (3,51)	137,68 (19,76)
I144	N	260,23	279,32 (7,33)	506,01 (94,45)
	P (kg ha <sup>-1</sup> )	57,53	59,82 (3,99)	82,27 (43,00)
	K	103,00	108,46 (5,31)	167,57 (62,70)
	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	64,47	67,86 (5,26)	83,09 (28,89)
<i>E. urophylla</i>	N	194,08	204,49 (5,37)	805,39 (314,99)
	P (kg ha <sup>-1</sup> )	29,20	31,73 (8,68)	44,42 (52,12)
	K	58,19	69,30 (19,10)	120,59 (107,25)

Em que: Valores entre parênteses referem-se ao aumento percentual da exportação de biomassa e nutrientes, em relação à colheita apenas da madeira.

De modo geral, considerando a colheita apenas da madeira em relação à colheita da árvore inteira, o número potencial de rotações (NPR) aumentou para todos os nutrientes. Nota-se que a adoção da colheita da árvore inteira ou fuste com casca implicará na necessidade de reposição de nutrientes em rotações futuras, quando comparados à colheita apenas do fuste, que aumenta substancialmente a expectativa de produção para todos os nutrientes (Tabela 8).

Ainda com base no NPR, o nitrogênio e o fósforo poderão causar limitação na produtividade em rotações futuras, uma vez que mostrou menores resultados na colheita do fuste com a casca ou da árvore inteira. Vieira et al. (2015) também constataram que o P seria o nutriente limitante, em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, com estimativas de rotações próximas a um. No entanto, Guimarães et al. (2015), avaliando o cultivo de *Eucalyptus dunnii*, com quatro anos de idade, em bioma Pampa, destacaram o K como um dos nutrientes com maior risco para a manutenção da produtividade.

Observa-se que o *E. urophylla* propiciou um maior NPR, tanto para o P como também para o K, em todas as intensidades de colheita. No entanto, para o nitrogênio, o clone 1249 se destacou no número de rotações na intensidade de colheita apenas do fuste e do fuste com a casca.

**Tabela 8** – Estimativa do número potencial de rotações (NPR), conforme intensidade de colheita da biomassa acima do solo, de seis clones de híbridos de eucalipto e de

*Eucalyptus urophylla* seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

Clone/Espécie	Nutrientes	NPR			Taxa de remoção		
		Fuste	Fuste c/ casca	Árvore inteira	Fuste	Fuste c/ casca	Árvore inteira
VM58	N	14,68	12,89	6,35	1,5	1,6	2,8
	P	6,55	6,18	4,93	0,6	0,6	0,6
	K	152,40	125,21	56,43	0,5	0,6	1,1
1296	N	13,96	12,76	6,70	1,5	1,6	2,6
	P	12,86	11,90	7,48	0,3	0,3	0,4
	K	70,60	66,93	37,54	1,1	1,1	1,7
1404	N	22,71	19,91	9,59	1,5	1,6	2,8
	P	12,63	11,72	8,66	0,5	0,5	0,5
	K	144,38	119,29	77,95	0,9	1,0	1,3
1355	N	13,87	12,97	8,13	1,5	1,5	2,1
	P	8,04	7,56	5,93	0,5	0,5	0,5
	K	86,67	82,84	60,42	0,9	0,9	1,1
1249	N	38,02	30,07	8,67	0,7	0,9	2,4
	P	9,85	9,37	6,36	0,5	0,5	0,6
	K	81,92	79,54	46,01	1,3	1,3	1,7
I144	N	11,65	10,85	5,99	2,3	2,3	3,7
	P	8,75	8,41	6,12	0,5	0,5	0,6
	K	105,48	100,17	64,83	0,9	0,9	1,2
<i>E. urophylla</i>	N	17,16	16,28	4,13	3,0	3,0	9,7
	P	15,93	14,66	10,47	0,5	0,5	0,5
	K	185,90	156,10	89,70	0,9	1,0	1,5

Uma das formas de manter a sustentabilidade nutricional e, conseqüentemente, aumentar a capacidade produtiva dos sítios florestais consiste na reposição de

nutrientes que são exportados através da remoção na colheita. Assim, considerando a colheita do fuste aos seis anos de idade, a taxa de exportação de nutrientes (com base na colheita da árvore inteira e fuste com a casca, respectivamente) foi maior para o tratamento: 1249 (224% - 22% para o N); 1296 (40% - 5% para o P); e VM58 (115% - 16% para o K) (Tabela 8).

A depender da intensidade de exploração utilizada, ocorrerá variação na taxa de remoção de nutrientes. Observa-se que a colheita da árvore inteira tem a maior taxa de remoção de nutrientes, seguida pela colheita do fuste com casca. O N e o K são os nutrientes que apresentam maior taxa de remoção de nutrientes em função da intensidade de colheita para o *E. urophylla* e 1249, respectivamente.

Quando a casca e a copa são mantidas no campo, observa-se uma redução de 70% da taxa de remoção de N, no caso do *E. urophylla* e 1249. Independente da intensidade de colheita, a taxa de remoção do P pouco se altera entre os diferentes tratamentos, uma vez que a maior quantidade desse nutriente se encontra no fuste (Tabela 5), que é removido em todas as simulações de colheita.

De modo geral, a taxa de exportação teve maior expressão para o N, seguido do K e P. Witschoreck e Schumacher (2015), em estudo com povoamento de *Eucalyptus saligna* Sm., entre dois e sete anos de idade, na região de Guaíba – RS, observaram a seguinte ordem de taxa de exportação (com base na coleta do fuste com a casca):  $P > K > N$ . Por outro lado, em estudo realizado por Viera et al. (2015), a colheita de madeira com casca mostrou a seguinte magnitude de remoção de nutrientes:  $K > N > P$ .

#### **4.5 Serapilheira e ciclagem**

O estoque de serapilheira total não mostrou diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 9), variando entre 13,3 Mg ha<sup>-1</sup> (clone 1296) e 28,0 Mg ha<sup>-1</sup> (clone VM58). Resultados inferiores de biomassa de serapilheira foram encontrados por Schumacher et al. (2019) em povoamentos de *Eucalyptus* spp. com seis anos de idade (11,80 Mg ha<sup>-1</sup>) e por Barbosa et al. (2017) em plantio de *Eucalyptus urophylla* localizado na mesma região do presente estudo (Sudoeste da Bahia), aos cinco anos de idade (13,1 Mg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 9** – Necromassa de serapilheira (Mg ha<sup>-1</sup>) de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia

Clone/Espécie	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	
	Folhas	Total
VM58	6,35 a	27,97 a
1296	2,2 ab	13,27 a
1404	2,72 ab	18,08 a
1355	2,42 ab	16,45 a
1249	1,73 b	19,42 a
I144	2,08 b	16,38 a
<i>E. urophylla</i>	2,42 ab	15,18 a

Por outro lado, a serapilheira foliar mostrou maior potencial de estoque do clone VM58 (6,4 Mg ha<sup>-1</sup>) em relação aos clones 1249 e I144 (média de 2,0 Mg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 9). É possível que o maior estoque de serapilheira do VM58 seja reflexo de uma maior produção de folhas na biomassa aérea, embora não tenham sido verificadas diferenças entre clones quanto a esse componente (Tabela 4).

O estoque de nutrientes na serapilheira obedeceu à ordem N > K > P (Tabela 10), expressando padrão semelhante ao observado na biomassa e contrário à eficiência nutricional, o que denota que a quantidade de nutrientes presentes nos resíduos vegetais está intimamente relacionada à capacidade de retranslocação na planta (ciclagem interna). Assim, a menor quantidade de P é resultante da sua mobilidade na planta e elevada redistribuição interna (Lima et al., 2015). Já a quantidade de K, possivelmente, é decorrente do fato deste ser um elemento altamente solúvel e, dessa forma, facilmente perdido por lixiviação (Santos et al., 2014). De acordo com Gama-Rodrigues et al. (2003), o eucalipto apresenta alta eficiência de uso de nutrientes e, por essa razão, produz serapilheira de baixa qualidade nutricional, quando comparada às florestas tropicais naturais.

**Tabela 10** – Estoque de macronutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) na serapilheira de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia

Clone/ Espécie	Serapilheira		Ciclagem
	Folhas	Total	
Nitrogênio			
VM58	44,02 a	196,00 a	63,70 a
1296	20,58 a	105,95 a	74,30 a
1404	21,52 a	82,73 a	74,25 a
1355	28,78 a	107,20 a	69,43 a
1249	24,52 a	151,38 a	54,87 a
I144	33,43 a	136,53 a	88,03 a
<i>E. urophylla</i>	32,63 a	162,41 a	72,91 a
Fósforo			
VM58	4,20 a	21,4 a	59,21 a
1296	1,59 a	8,91 b	64,36 a
1404	1,40 a	9,67 ab	64,46 a
1355	1,82 a	11,18 ab	71,93 a
1249	1,44 a	12,26 ab	54,27 a
I144	1,91 a	11,22 ab	86,09 a
<i>E. urophylla</i>	2,17 a	10,06 ab	74,91 a
Potássio			
VM58	4,67 a	25,09 a	89,43 a
1296	1,20 a	9,35 c	95,29 a
1404	4,79 a	13,36 abc	72,89 a
1355	1,34 a	17,75 abc	94,17 a
1249	1,20 a	22,63 ab	71,39 a
I144	2,33 a	10,35 bc	96,25 a

<i>E. urophylla</i>	2,81 a	9,8 c	91,28 a
---------------------	--------	-------	---------

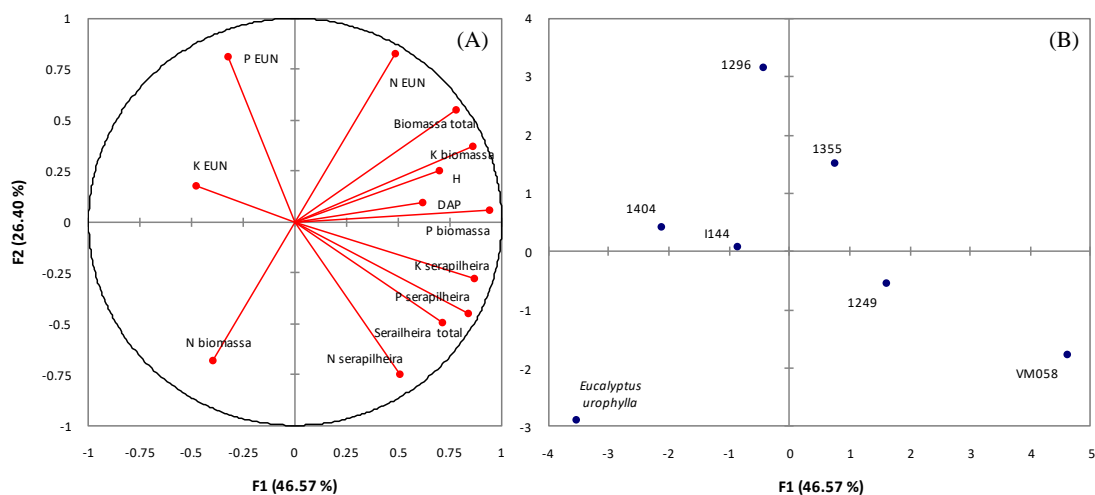
\* Letras iguais, na vertical, que comparam os conteúdos de nutriente de cada componente arbóreo entre clones/espécies, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os estoques de nitrogênio na serapilheira foram cerca de 22 vezes maiores que os estoques de fósforo e potássio. No entanto, não houve variação entre tratamentos quanto ao estoque de N que representou, em média, 164 kg ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, foram verificadas diferenças entre clones para o estoque de fósforo e potássio na serapilheira total (Tabela 10). Em ambos os casos, maiores estoques foram observados no híbrido VM58, mas este se distinguiu apenas do híbrido 1296, para o P; e do *E. urophylla* e 1296, para o K.

Os nutrientes estocados na serapilheira representam o potencial de influência de uma espécie na melhoria da fertilidade do solo. Da mesma forma, a relação entre o estoque de nutrientes das folhas da biomassa aérea e da serapilheira pode indicar a eficiência da ciclagem biogeoquímica. Entretanto, não foram observadas variações entre tratamentos para essa relação (Tabela 10).

Os dados de biomassa arbórea total, serapilheira total, DAP, H, eficiência nutricional, nutrientes na biomassa e serapilheira, quando submetidos à análise de componentes principais (ACP), expressaram 73,0% da variação entre os tratamentos por meio de dois componentes: componente principal 1 (CP1) = 46,6% e componente principal 2 (CP2) = 26,4%. A dispersão gráfica dada pela ACP sugeriu dissimilaridade entre os diferentes tratamentos (Figura 6): o *E. urophylla* ficou isolado no quadrante inferior esquerdo e mais associado ao CP1; os clones VM58 e 1249 localizaram-se no quadrante inferior direito (o primeiro mais próximo de CP1 e o segundo de CP2); os clones 1404, I144 e 1296 ficaram agrupados no quadrante superior esquerdo (os dois primeiros mais relacionados com o CP1 e o último ao CP2); e o clone 1355 também posicionado no quadrante superior, porém à direita do gráfico e mais relacionado ao CP2.





**Figura 6** – Diagramas de ordenação das variáveis (A) e tratamentos (B) produzidos pela análise de componentes principais das variáveis dendrométricas (DAP, H), serapilheira total, biomassa arbórea total, eficiência nutricional (N, P e K), nutrientes na biomassa e serapilheira (N, P e K) associados a diferentes híbridos de eucalipto, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

As variáveis mais associadas ao CP1 e, portanto, mais preponderantes para a diferenciação da maioria dos clones foram serapilheira, biomassa arbórea, DAP, H, P e K da biomassa e da serapilheira (Figura 6). Por sua vez, as variáveis mais fortemente associadas ao CP2 foram N da biomassa e da serapilheira, N na biomassa e eficiência nutricional de N e P.

A posição dos clones 1296, 1404 e I144 à esquerda do gráfico, assim como as eficiências de utilização de P, K e N da biomassa (Figura 6), é indicativa de que essas variáveis foram mais discriminantes para a dissimilaridade desses clones. Por sua vez, o posicionamento dos clones 1355, VM58 e 1249 à direita do gráfico, associado à grande maioria das variáveis estudadas e com maior distanciamento do *Eucalyptus urophylla* (Figura 6), sugere que esses clones apresentam maior potencial de adaptação às condições estudadas, superando a produção e capacidade de absorção de nutrientes da espécie tradicionalmente plantada por via seminal na região de estudo.

## 5 CONCLUSÕES

O crescimento e a produção de biomassa não apresentaram diferenças entre os clones na condição ambiental estudada. Apesar disso, os rendimentos mais expressivos de biomassa total foram, em geral, acompanhados por maiores valores de eficiência de absorção e utilização de nutrientes, com destaque para os clones 1355, 1296 e VM58.

Quando analisadas de forma conjunta, as variáveis de produção e nutrientes mostram maior diferenciação dos clones VM58, 1249 e 1355, o que sugere maior potencial de adaptação às condições estudadas, quando comparados ao *Eucalyptus urophylla* seminal.

A colheita com retirada apenas do fuste resulta em redução do impacto nutricional da exportação, independente do clone. Apesar disso, é possível que o fósforo torne-se limitante à produtividade em rotações futuras, caso não haja reposição via fertilização.

Levando em consideração a colheita apenas do fuste ou o fuste com a casca, os clones 1404 e 1249 propiciam maior número potencial de rotações, em especial, com base no nitrogênio, o que sugere reflexos positivos no balanço nutricional e na manutenção da capacidade produtiva do sítio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addinsoft (2019). **XLSTAT statistical and data analysis solution**. Boston, USA. <https://www.xlstat.com>. Version 19.2.2.

Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L. de M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Araujo, E.C.G.; Silva, T.C.; da Rocha, M.P.; Sanquetta, C.R. Estoque de carbono na madeira de *Eucalyptus*: relação material genético x espaçamento entre árvores. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. e7998-e7998, 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n2e7998>

Assis, T.F.; Mafia, R.G. Híbridação e clonagem. *In*: Borém, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: [s.n.], p.93-121, 2007.

Barbosa, V.; Barreto-Garcia, P.; Gama-Rodrigues, E.; Paula, A.D. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.024315>

Barreto, P.A.B.; Gama-Rodrigues, E.F.D.; Gama-Rodrigues, A.C.D.; Barros, N.F. D.; Fonseca, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 611-619, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200016>

Barros N.F.; Neves, J.C.L.; Novais, R.F. Nutrição de adubação mineral do eucalipto. *In*: Vale, A.B. do; Pires, J.M.M.; Vilar, M.B.; Costa, C.B.; Nacif, A. de P. (Ed.). **Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa: UFV, 2013. p. 187-208.

Barros, N.D.; Novais, R.D.; Carmo, D.D.; Neves, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais-Descrição de uma metodologia. **Revista árvore**, v. 10, n. 1, p. 112-120, 1986.

Barros, N.F. Classificação nutricional de sítios florestais: descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 10, n. 2, p. 112-120, 1986.

Barros, N.F.; Novais, R.F. Solos e nutrição florestal: Contribuição para a silvicultura brasileira. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto – SP. p. 26. mar/mai, 2010.

Barros, N.F.; Neves, J.C.L.; Novais, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto *IN*: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas Florestais, 2005, p.135-165.

Bizon, J.M.C. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada-saída de nutrientes** 2005. 95f. Dissertação

(Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

Reis, M.G.F.; Barros, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Ed.). **Relação solo eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 265-302.

Batista, R.O.; Furtini Neto, A.E.; Deccetti, S.F.C. Eficiência nutricional em clones de cedro-australiano. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p. 647-655, 2015.

Birdsey, R.A. Carbon accounting rules and guidelines for the United States Forest Sector. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, p.1518-1524, 2006. .  
<https://doi.org/10.2134/jeq2005.0193>

Borrvalho, N.M.G. Almeida, M.H, Potts, B.M. **O melhoramento do eucalipto em Portugal**. Lisboa, ISAPress, 2007, p. 61-110.

Caldeira, M.V.W.; Rondon Neto, R.M.; Schumacher, M.V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 615-620, 2002.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000500012>

Caldeira, M. V. W., Schumacher, M. V., Rondon, R. M., Watzlawick, L. F., & Santos, E. M. D. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay- Austrália. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n. 2, p.79-91, 2001.

Camargo, M.L.P.; De Moraes, C.B.; Mori, E.S.; Guerrini, I.A.; De Mello, E.J.; Oda, S. Considerações sobre eficiência nutricional em *Eucalyptus*. **Científica**, v. 32, n. 2, p. 191-196, 2004. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2004v32n2p191-196>

Campos, J.C.C.; Leite, H.G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 4. ed., atualizada e ampliada. Viçosa-MG, Editora UFV, 605 p, 2013.

Caradus, J.R. Heritability of, and relationships between phosphorus and nitrogen concentration in shoot, stolon and root of white clover (*Trifolium repens* L.). **Plant Soil**, Netherlands, v. 146, p. 209-217, 1992. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-1650-3\\_32](https://doi.org/10.1007/978-94-011-1650-3_32)

Carvalho, R.R.; Guimarães, C.C.; Silva, J.C.M.; Momolli, D.R. Estoque de biomassa e de nutrientes em um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no Bioma Pampa-RS. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 3, p. 71-81, 2016. <https://doi.org/10.5902/2316980X18275>

Castro, C.A.D.O.; Resende, R.T.; Bhering, L.L.; Cruz, C.D. Brief history of *Eucalyptus* breeding in Brazil under perspective of biometric advances. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 9, p. 1585-1593, Sept. 2016.  
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150645>

Cavalli, J.P.; Reichert, J.M.; Rodrigues, M.F.; Araújo, E.F. de. Composition and functional soil properties of arenosols and acrisols: Effects on *Eucalyptus* growth and productivity. **Soil and Tillage Research**, v. 196, p. 104439, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104439>

Chapin Iii, F.S.; Matson, P.A.; Mooney, H.A. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. New York: Springer-Verlag, 396 p. 2002.

Coelho, M.C.B.; Lima, E.N.; Erpen, M.L.; Barilli, J.; Varavallo, M.A.; Silva, M.V. C.; Giongo, M. Aporte de nutrientes em diferentes compartimentos de Eucalipto no sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 1, p. 028-039, 2021. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n1.coelho>

Curlin, J.W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: Youngberg, C. T. e C. B. Davey. (Eds.). **Tree growth and forest soils**. Oregon: Oregon State University Press, p. 313 – 326. 1970.

Dick, G.; Schumacher, M.V.; Momolli, D.R.; Dos Santos, J.C.; Ludvichak, A.A.; Guimarães, C.C.; De Souza, H.P. Quantificação da biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden estabelecido no bioma Pampa. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 4, n. 1, p. 01-09, 2016. <https://doi.org/10.5902/2316980X20589>

Eliyahu, A.; Duman, Z.; Sherf, S.; Genin, O.; Cinnamon, Y.; Abu-Abied, M.; Sadot, E. Vegetative propagation of elite *Eucalyptus* clones as food source for honeybees (*Apis mellifera*); adventitious roots versus callus formation. **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 67, n. 1-2, p. 83-97, 2020. <http://dx.doi.org/10.1163/22238980-20191112>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Versão Eletrônica, 2014.

FAO. Climate change guidelines for forest managers. Rome, 2013a. 104 p. (FAO. Forestry paper, n. 172). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3383e/i3383e.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

Faria, G.E.D.; Barros, N.F.D.; Cunha, V.L.P.; Martins, I.S.; Martins, R.D.C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no Vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, v. 18, p. 363-373, 2008. <https://doi.org/10.5902/19805098448>

Fernandes, J.S.; Conceição Júnior, V.; Barreto-Garcia, P.A.B. . Field performance of *Eucalyptus* hybrids at Planalto da Conquista, Bahia, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n.2, p.1-8, 2018 <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.059416>.

Ferreira, D.H.A.A., Leles, P.S.D.S., Oliveira, S.N.D., Paula, T.R., Coutinho, R. P., Silva, R.L.D. Crescimento e produção de eucalipto na região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.131315>

Ferreira, M. **Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal**. Piracicaba: IPEF, n.45, p.22-30, jan./dez.1992.

Figueiredo, J. F.; Coelho, M. C. B.; Andrade, D. L.; Aguiar, B. A. C.; Ataíde, Y. S. B.; Silva, M. V. C.; & Limeira, M. M. C. Crescimento em altura de diferentes híbridos de eucalipto em diferentes idades. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 8, n. 3, p. 225-233, 2020. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n3.figueiredo>

Finkenauer, E. Floresta de Eucalipto. O eucalipto: origem e aplicações. Disponível em: <<http://efinkenauer.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

Fonseca, S.M.; Resende, M.D.V.; Alfenas, A.C.; Guimarães, L.M.; Assis, T.F.; Grattapaglia, D. **Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2010, 200p. ISBN: 978-85-7269-383-7.

Gama-Rodrigues, A.D.; Barros, N.F.; Santos, M.L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, p.:1021-1031, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000600006>

Gatto, A.; Bussinguer, A.P.; Ribeiro, F.C.; Azevedo, G.B.; Bueno, M.C.; Monteiro, M.M.; Souza, P.F. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp., no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 879-887, 2014. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000300019>

Golley, F.B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. Tradução de Eurípides Malavolta. São Paulo: EPU, 256 p. 1975.

Gonçalves, J.L.M. **Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas**. 1994. 84f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1994.

Gonçalves, J.L.M.; Alvares, C.A.; Higa, A.R.; Silva, L.D.; Alfenas, A.C.; Stahl, J.; Epron, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p. 6-27, 2013. <https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>

Gonçalves, J.L.M.; Mello, S.L.M. O sistema radicular das árvores. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, IPEF, p.221-267, 2000.

Gonçalves, J. **Recomendações de Adubação para *Eucalyptus*, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: USP Documentos Florestais, v. 15, p. 1-23, 1995.

Gonsaga, R.F. **Produção De Madeira E Eficiência De Utilização De Nutrientes Em Clones De Eucaliptos Em Diferentes Idades**. 2017. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Jaboticabal, 2017.

Guimarães, C.C.; Schumacher, M.V.; Witshoreck, R.; Souza, H.P.; Santo, J.C. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden no pampa

gaúcho. **Revista Árvore**, v. 39, p. 873-882, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000500010>.

Habitzreiter, T.L. **Produção de biomassa e exportação de nutrientes de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla***. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Doutorado em Agronomia (produção Vegetal), Campus Pato Branco, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

Harrison, R.B.; Reis, G.G.; Reis, M.D.; Bernardo, A.L.; Firme, D.J. Effect of spacing and age on nitrogen and phosphorus distribution in biomass of *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 133, n. 3, p. 167-177, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00235-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00235-2)

Henson, M., New introductions – doing it right in developing a eucalypt resource. In: Walker, J. (Ed.), Learning from Australia and Elsewhere. **Wood Technology Research Centre**, p. 125– 136, 2011.

Higashi, E.N.; Silveira, R.L.V.A.; Gonçalves, A.N. Nutritional monitoring and fertilization in clonal macro, mini, and microgardens. In: Gonçalves, J.L.M., ed. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba, IPEF, p.195-222, 2004.

Higuchi, N.; dos Santos, J.; Ribeiro, R.J.; Minette, L.; Biot, Y. Biomassa da parte aérea da Floresta Tropical Úmida de terra firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, p. 153 – 166, 1998. <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282166>

Horst, D.J.; Andrade Júnior, P.P. Uma revisão sistemática sobre os mecanismos de monitoramento e captura, regulação de emissões e créditos de carbono. **Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 45, p. 51-62, 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2019. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/conservacao-das-florestass/86-florestas-e-recursos-florestais/452-painel-interativo-1a?tipo=tableau&modal=1>. Acesso em: 10 ago. 2021.

Kadeba, O. Growth and nutrient accumulation by *Pinus caribaea* on tree savanna sites in northern Nigeria. **Agriculture, ecosystems and environment**, Amsterdam, v.49, n.2, p.139- 147, 1994. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)90004-3)

Kuppusamy, S.; Ramanathan, S.; Sengodagounder, S.; Senniappan, C.; Brindhadevi, K.; Kaliannan, T. Minicutting-A powerful tool for the clonal propagation of the selected species of the *Eucalyptus* hybrid clones based on their pulpwood studies. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 22, p. 101357, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101357>

Leite, F.P.; Silva, I.R.; Novais, R.F.; Barros, N.F.D.; Neves, J.C.L.; Villani, E. M.D.A. Nutrient relations during an *Eucalyptus* cycle at different population densities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 949-959, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000300029>

Leles, P.D.; Reis, G.G.; Reis, M.G.F.; Moraes, E.J. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

Lima, A.M.N.; Neves, J.C.L.; Silva, I.R.; Leite, F.P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K, Ca e Mg em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 903- 909, 2005.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000600008>

Lima, R.P.; Fernandes, M.M.; Fernandes, M.R.D.M.; Matricardi, E.A.T. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p.42-49, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.062013>

Ludvichak. A.A. **Biomassa e nutrientes do híbrido *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em plantios monoespecíficos e mistos**. 2016. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

Machado, C.T.; Furlani, A.M.C.; Machado, A.T. Índices de eficiência de variedades locais e melhoradas de milho ao fósforo. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 225-238, 2001.  
<https://doi.org/10.1590/S0006-87052001000300010>

Malavolta, E.A.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Editora Potafós, 1997. 304 p.

Malavolta, E. **ABC da adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1989.

Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 672p, 2011.

Masullo, L.S.; Ferraz, A.de V.; Gonçalves, J.L.de M.; Camargo, L.E.A.; Ávila, P.A.de; Drago, J.R.; Dias, C.T. dos S. Relationship between forest residue management and micronutrient fertilization with *Eucalyptus* rust severity in *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 475, p. 118443, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118443>

Medeiros, P.L. **Produção, alocação de biomassa e aspectos nutricionais de um clone de eucalipto em função da densidade de plantio, na região litorânea do RN**. Dissertação de Mestrado. Brasil. 2018.

Mello, S.L.M.; Gonçalves, J.L.M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.101-111, 2008.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000100012>

Molica, S.G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. 1992. 120p. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.



Müller, C.; Hodecker, B.E.R.; Merchant, A.; Barros, N.F.D. Nutritional efficiency of *Eucalyptus* clones under water stress. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20160528>

Odum, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986, 434 p.

Oliveira, A.M.; Barreto-Garcia, P.A.B.; Alves, B.J.R.; Conceição Júnior, V.; Gama-Rodrigues, E.F. Efeito de rotações sucessivas de eucalipto na mineralização de nitrogênio e carbono do solo e suprimento de nitrogênio, no Sudoeste da Bahia, Brasil. **Scientia Forestalis**, 48(126), e3346. 2020. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n126.15>

Paludzyszyn Filho, E. Indicações de espécies para plantio e clones. In: Santos, P. E. T. dos (Ed.). **Cultivo do eucalipto. Sistemas de Produção**. 4. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2014.

Parra-O, C., Bayly, M. J., Drinnan, A., Udovicic, F., & Ladiges, P. Phylogeny, major clades and infrageneric classification of *Corymbia* (Myrtaceae), based on nuclear ribosomal DNA and morphology. **Australian Systematic Botany**, 22, 384–399, 2009. <https://doi.org/10.1071/sb09028>

Pinto Júnior, J.E.; Ahrens, S. Aspectos socioeconômicos, ambientais e legais da eucaliptocultura. **Embrapa Florestas**. Sistemas de Produção, 4. (ISSN 1678-8281 Versão Eletrônica). 2010.

Poleto, G.C.; dos Santos, K.F.; Ludvichak, A.A.; Momolli, D.R.; Schumacher, M. V.; Stahl, J.; Carneiro, R.L. Aboveground biomass of a *Eucalyptus* hybrid subjected to two water regimes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 15, n. 3, 2020. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i3a7978>

Queiroz, T.B.; Campoe, O.C.; Montes, C.R.; Alvares, C.A.; Cuartas, M.Z.; Guerrini, I.A. Temperature thresholds for *Eucalyptus* genotypes growth across tropical and subtropical ranges in South America. **Forest Ecology and Management**, v. 472, n. 118248, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118248>

Ramos, L.M.A.; Latorraca, J.D.F.; Pastro, M.S.; Souza, M.D.; Garcia, R.A.; Carvalho, A.D. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 411-418, . 2011.

Resende, R.T.; Resende, M.D.V.; Silva, F.F.; Azevedo, C.F.; Takahashi, E.K.; Silva-Junior, O.B.; Grattapaglia, D. Assessing the expected response to genomic selection of individuals and families in *Eucalyptus* breeding with an additive-dominant model. **Heredity**, 119(4), 245–255, 2017. <https://doi.org/10.1038/hdy.2017.37>

Resquin, F.; Navarro-Cerrillo, R. M.; Carrasco-Letelier, L.; & Casnati, C. R. Influence of contrasting stocking densities on the dynamics of above-ground biomass and wood density of *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunnii*, and *Eucalyptus grandis* for bioenergy in Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 438, p. 63-74, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.007>

- Resquin, F.; Navarro-Cerrillo, R.M.; Carrasco-Letelier, L.; Casnati, C.R.; Bentancor, L. Evaluation of the nutrient content in biomass of *Eucalyptus* species from short rotation plantations in Uruguay. **Biomass and Bioenergy**, v. 134, p. 105502, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105502>
- Ribeiro, M.D.D.S.B.; Jorge, L.A.B.; Mischan, M.M.; Santos, A.L.D.; Ballarin, A.W. Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p.31-45, 2017.
- Rocha, J.H.T.; du Toit, B.; Gonçalves, J.L. de M. Ca and Mg nutrition and its application in *Eucalyptus* and Pinus plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 442, p. 63-78, 2019.
- Rocha, M.G.B.; Pires I.E.; Rocha, R.B.; Xavier, A.; Cruz, C.D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000600001>
- Rocha, S.M.G.; Vidaurre, G.B.; Pezzopane, J.E.M.; Almeida, M.N.F.; Carneiro, R.L.; Campoe, O.C.; Scolforo H.F.; Alvares C. A.; Xavier A. C.; Figura, M.A. Influence of climatic variations on production, biomass and density of wood in *Eucalyptus* clones of different species. **Forest Ecology and Management**, v. 473, p. 118290, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118290>
- Rosim, C.C.; Hsing, T.Y.; Paula, R.C. Eficência de utilização de nutrientes em híbridos interespecíficos de eucalipto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 540-547, 2016. <https://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160065>
- Safou-Matondo, R.; Deleporte, P.; Laclau, J.P.; Bouillet, J.P. Hybrid and clonal variability of nutrient content and nutrient use efficiency in *Eucalyptus* stands in Congo. **Forest Ecology and Management**, v. 210, p. 193-204, 2005. 204. <https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.02.049>
- Salvador, S.M.; Schumacher, M.V.; Viera, M.; Stahl, J.; Consensa, C.B. Biomassa e estoque de nutrientes em plantios clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v.44. n.110, 2016. <https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.04>
- Sanquetta, C. R.; Balbinot, R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: Sanquetta, C.R.; Balbinot, R.; Ziliotto, M.A.B. (Ed.). **Fixação de carbono: projetos, perspectivas e atualidades**. Curitiba, 2004. 205 p.
- Sanquetta, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: Sanquetta, C. R. et al. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba:[s.n.], p. 119-140. 2002.
- Santana, R.C.; Barros, N.F.; Neves, J.C.L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 155-169, 1999.

- Santana, R.C.; Barros, N.F.; Neves, J.C.L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 447-457, 2002. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622002000400007>
- Santana, R.C.; Barros, N.F.D.; Novais, R.F.; Leite, H.G.; Comerford, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2723-2733, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000700016>
- Santarosa, E.; Penteado Junior, J.F.; Goulart, F.; **Transferência de tecnologia florestal: Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Embrapa. Curitiba, 2014, 140 p.
- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Oliveira, J. B. Coelho, M. R.Lumbreras, J.F.; Cunha, T.J.F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006.
- Santos, J.C; Schumacher, M.S; Witschoreck, R; Araújo, E.F; Lopes, V.G. Nutrientes na serapilheira acumulada em um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith em São Gabriel, RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.2, n.1, p.1-8, 2014. <https://doi.org/10.5902/2316980X15045>
- Schawambach, J.; Fadanelli, C.; Fett Neto, A.G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, Victoria, v. 25, p. 487-494, 2005. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.4.487>
- Schumacher, M.V.; Witschoreck, R.; Calil, F.N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz -RS. **Ciência Florestal.**, v. 21, n. 1, p.17-22, 2011 <https://doi.org/10.5902/198050982743>
- Schumacher, M.V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** 1992. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1992.
- Schumacher, M.V.; Hoppe, J.M. **A complexidade dos ecossistemas**. Porto Alegre: Pallotti, 1997. 50p.
- Schumacher, M.V.; Witschoreck, R.; Calil, F.N.; Lopes, V.G. Manejo da biomassa e sustentabilidade nutricional em povoamentos de *Eucalyptus* spp. em pequenas propriedades rurais. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 144-156, 2019. <https://doi.org/10.5902/198050985135>
- Silva, A.R.; Rodrigues Filho, J.A.; Carvalho, E.J.M.; Santiago, A.V.; Veloso, C.A. C.; Martinez, G.B. Estoque de carbono e mitigação de metano produzido por bovinos em sistema integração pecuária-floresta (IPF) com eucalipto no Sudeste Paraense. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 39997-40016, 2021.

Silveira, E.R.; Reiner, D.A.; Smaniotto, J.R. Efeito do espaçamento de plantio na produção de madeira e serapilheira de *Eucalyptus dunni* na região sudoeste do Paraná. **Revista Técnico-Científica**, v. 1, n. 2, 2014.

Silveira, R.L.V.A.; Malavolta, E. **Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus***. Piracicaba: POTAFOS, 12 p. 2000.

Smethurst, P.; Baillie, C.; Maria Cherry, M.; Holz, G. Fertilizer effects on LAI and growth of four *Eucalyptus nitens* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 176, p. 531-542, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00226-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00226-8)

Soares, C.P.B.; Paula Neto, F.P.; Souza, A.L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 272p.

Sociedade Brasileira de Silvicultura. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo: SBS. 93 p. 2010.

Souza, F.M.L.; Pupo, C.H.; Sereghetti, G.C.; Sansígolo, C.A.; Ferreira, J.P.; Silva, R.B.; Garcia, D.P. Características de Crescimento, Densidade Básica e Composição Química da Madeira de *Eucalyptus Spp* Na Região de Ribas do Rio Pardo-MS. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 4, p. 350-359, 2017. <https://doi.org/10.18011/bioeng2017v11n4p350-359>

Souza, M.E. **Correlação adulto-juvenil para a eficiência nutricional e comportamento de clones de *Eucalyptus grandis* em dois níveis de fertilidade do solo**. Viçosa: UFV, 1994. 49 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. 945p.

Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

Vieira, G. **Modelagem da biomassa viva e do estoque de carbono de *Nectandra grandiflora* Nees em São João do Triunfo-PR**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

Vieira, R. **Pequenos objetos de madeira de *Eucalyptus*: possibilidade de aproveitamento de resíduo**. Universidade Federal de Lavras, 2006.

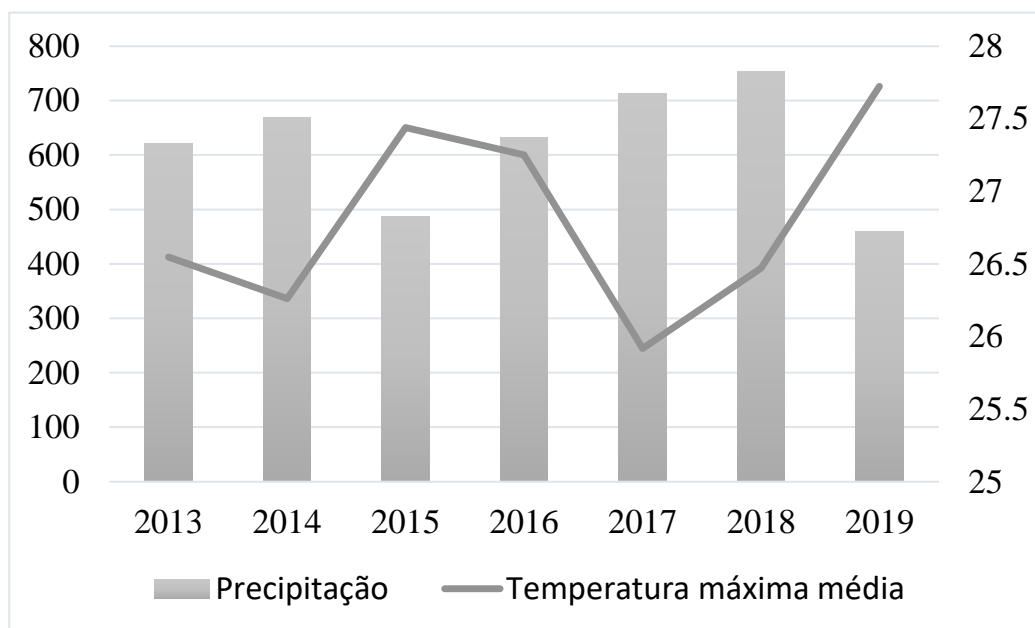
Viera, M. **Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS**, Brasil. 2012. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

Viera, M.; Bonacina, D.M.; Schumacher, M.V.; Calil, F.N.; Caldeira, M.V.W.; Watzlawick, L.F. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urograndis* na Serra do Sudeste-RS. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2481-2490, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2481>

- Viera, M.; Schumacher, M.V.; Trüby, P.; Araújo, E.F. Implicações nutricionais com base em diferentes intensidades de colheita da biomassa de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 432-439, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120367>
- Vogel, H.L.M.; Schumacher, M.V.; Trüby, P. Biomassa e macronutrientes de uma floresta estacional decidual em Itaara-RS, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, n.1, 99-105, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100011>
- Wadt, P.G.S.; Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Barros, N.F.; Dias, L.E. Variações no estado nutricional de eucaliptos em função do material genético e da idade da árvore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n.10, p.1797- 1803, 1999.
- Wang, X.; Fang, J.; Zhu, B. Forest biomass and rootshoot allocation in northeast China. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 12, p. 4007-4020, 2008. <https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.055>
- Watzlavick, L.F.; Ebling, Â.A.; Rodrigues, A.L.; Veres, Q.J.I.; Lima, A.M.D. Variação nos teores de Carbono orgânico em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**, v.18, n.3, p.248-258, 2011. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2011.045>
- Watzlavick, L.F.; Koehler, H.S.; Kirchner, F.F. Estimativa de biomassa e carbono em plantios de *Pinus taeda* L. utilizando imagens do satélite Ikonos II. **Ciência e Natura**, p. 45 – 60, 2006. <https://doi.org/10.5902/2179460X9708>
- Wilson, P.G.; O'Brien, M.M.; Heslewood, M.M.; Quinn, C.J. Relationships within Myrtaceae sensu lato based on a matK phylogeny. **Plant Systematics and Evolution**, 251: 3–19, 2005. <https://doi.org/10.1007/s00606-004-0162-y>
- Wink, C.; Lange, A.; Araújo, K.Z.; De Almeida, A.P.S.; Behling, M.; Wruck, F.J. Biomassa e nutrientes de eucalipto cultivado em sistema agrossilvipastoril. **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i0.5987>
- Wirabuana, P.Y.A.P.; Sadono, R.; Juniarso, S. Fertilization Effects on Early Growth, Aboveground Biomass, Carbon Storage, and Leaf Characteristics of *Eucalyptus pellita* F. Muell. in South Sumatera. **Jurnal Manajemen Hutan Tropika**, v. 25, n. 3, p. 154-154, 2019. <https://doi.org/10.7226/jtjm.25.3.154>
- Witschoreck, R.; Schumacher, M.V. Alocação de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus saligna* SM. na região de Guaíba - Rio Grande do Sul. **Cerne**, v. 21, n. 4, p.625- 632, 2015. <https://doi.org/10.1590/01047760201521041963>

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE A



**Figura 1A** – Dados de precipitação e temperatura máxima média no período de 2013 a 2019, no município de Vitória da Conquista, Bahia.





## APÊNDICE C

**Tabela 6C** – Teores médios de nutrientes (g kg<sup>-1</sup>) dos componentes da biomassa de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

Clone/Espécie	Componentes da biomassa					
	Folhas	Galhos	Fuste	Casca	Raiz	Total
Nitrogênio						
VM58	24,63	3,84	1,58	3,90	8,72	42,66
1296	24,66	3,08	1,56	5,47	5,57	40,34
1404	28,85	1,60	1,60	3,97	7,80	43,81
1355	25,13	1,56	1,58	2,39	4,65	35,31
1249	30,34	2,30	0,77	4,79	6,29	44,48
I144	27,90	5,51	2,35	4,73	6,14	46,63
<i>E. urophylla</i>	41,04	39,25	3,18	3,08	37,35	123,90
Fósforo						
VM58	1,22	0,66	0,62	0,67	0,95	4,13
1296	1,37	0,71	0,28	0,83	0,68	3,88
1404	1,36	0,54	0,48	0,66	0,65	3,70
1355	1,73	0,65	0,48	0,67	0,72	4,25
1249	1,54	0,62	0,52	0,63	0,67	3,99
I144	1,72	0,98	0,52	0,57	0,75	4,54
<i>E. urophylla</i>	2,70	0,61	0,48	0,75	0,77	5,31
Potássio						
VM58	8,97	2,30	0,55	2,13	4,59	18,55
1296	7,85	3,67	1,14	2,34	1,17	16,17
1404	6,11	1,37	0,96	3,59	2,33	14,37
1355	6,15	1,34	0,95	0,96	2,12	11,53

1249	7,88	2,10	1,37	0,97	1,95	14,26
I144	6,04	1,95	0,93	1,36	1,32	11,60
<i>E. urophylla</i>	13,82	2,11	0,95	3,28	1,16	21,32

**Tabela 11C** – Teores médios de nutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na serapilheira de seis clones de híbridos de eucalipto e de *Eucalyptus urophylla* seminal, aos seis anos de idade, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

Clone/ Espécie	Serapilheira	
	Folhas	Total
	Nitrogênio	
VM58	6,93	13,96
1296	9,36	17,07
1404	7,92	11,90
1355	11,91	17,50
1249	14,14	21,32
I144	16,05	23,26
<i>E. urophylla</i>	13,50	23,67
	Fósforo	
VM58	0,66	1,46
1296	0,72	1,38
1404	0,52	1,06
1355	0,75	1,42
1249	0,84	1,45
I144	0,92	1,57
<i>E. urophylla</i>	0,90	1,52
	Potássio	
VM58	0,74	1,68

---

1296	0,55	1,28
1404	1,76	2,32
1355	0,56	1,72
1249	1,15	2,32
I144	1,12	1,68
<i>E. urophylla</i>	1,16	1,71

---