

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**CARACTERIZAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO E EQUAÇÕES
ALOMÉTRICAS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA DE CAFEEIROS
ASSOCIADOS À GREVÍLEAS**

IVAN EDSON DA SILVA MEIRELES

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
DEZEMBRO – 2018

IVAN EDSON DA SILVA MEIRELES

**CARACTERIZAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO E EQUAÇÕES
ALOMÉTRICAS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA DE CAFEIROS
ASSOCIADOS À GREVÍLEAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.^a D. Sc. Sylvana Naomi Matsumoto (UESB)

Coorientador: D. Sc. Paulo Henrique Marques Monroe

Coorientadora: D. Sc. Ana Paula Dalla Corte (UFPR)

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

DEZEMBRO – 2018

M454c Meireles, Ivan Edson da Silva.

Caracterização do estoque de carbono e equações alométricas para estimativa de biomassa de cafeeiros associados à grevilea. / Ivan Edson da Silva Meireles, 2018.

113f.

Orientador (a): D.Sc. Sylvana Naomi Matsumoto.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2018.

Inclui referências. 91 - 113.

1. Sistema Agroflorestal. 2 *Coffea arabica*. 3. Modelagem. I. Matsumoto, Sylvana Naomi. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais. III. T.

CDD: 634.9

IVAN EDSON DA SILVA MEIRELES

**CARACTERIZAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO E EQUAÇÕES
ALOMÉTRICAS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA DE CAFEIROS
ASSOCIADOS À GREVÍLEAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 14 de dezembro de 2018

Comissão examinadora:

Prof.^a Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (D. Sc., Produção Vegetal) – UESB

Prof.^a Paula Acácia Silva Ramos (D. Sc., Ciências Agrárias) – CAPES/PNPD

Prof.^a Sylvana Naomi Matsumoto (D. Sc., Ciências Agrárias) – UESB
Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida, me guiando nos caminhos e escolhas diárias e por abençoar-me com sabedoria e coragem para superar todos os obstáculos da vida, mesmo naqueles momentos em que eu mesmo não acreditava que fosse possível;

Aos meus pais, Alvedi e Lidiomar, pelo amor, educação, confiança, apoio e incentivo recebido durante toda minha formação, e sem os quais eu não teria chegado até aqui;

À minha irmã, Ivanna, por todo amor, carinho, cuidado e cumplicidade durante todos esses anos;

Aos meus Avós, tios e tias, primos e primas, que mesmo distantes, sempre estiveram torcendo pelo meu sucesso;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e, em especial, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade;

À professora Dr.^a Sylvana Naomi Matsumoto, pela orientação, apoio, confiança, carinho, compreensão e por todos os conhecimentos compartilhados durante essa caminhada;

Ao meu coorientador, Dr. Paulo Henrique Marques Monroe, pelas contribuições no desenvolvimento deste trabalho, pela disponibilidade, conselhos, e, sobretudo, pela amizade;

À professora Dr.^a Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia, pela disponibilidade e fornecimento de equipamentos e materiais para a realização de parte das análises;

À professora Dr.^a Luciana Castro, pela confiança em compartilhar as instalações do laboratório de Física do Solo e pelos ensinamentos durante a realização das análises;

À professora Cristina de Andrade Santos Reis, pela contribuição nas análises estatísticas.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais pelos conhecimentos compartilhados;

À Dr.^a Paula Acácia Silva Ramos, pela paciência, confiança e ensinamentos durante o período de estágio em docência e, especialmente, pela amizade;

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal, Luanna, Thiago, Aline, Ednilson (César), Uelinton, André, Vinícius, Rodrigo, Isamara, Jefferson, Paula Silva,

Tâmara e Cinira, pelo apoio, companheirismo e auxílio durante o desenvolvimento dessa pesquisa e, acima de tudo, pela amizade;

Ao Sr. João, funcionário da Diretoria de Campo Agropecuário – DICAP, por todo esforço, dedicação e auxílio durante as coletas de campo;

A todos os motoristas da UESB, pelo cuidado, compreensão e ajuda durante as viagens e coletas de campo;

A Rômulo, Renan e Érika, amigos desde a graduação e companheiros no mestrado.

Alessandro (Leo), Aline Pereira, Flávia, Thaimara, Monalisa e Ariane, obrigado pela amizade, resenhas e por tornarem essa jornada menos árdua;

Às melhores secretárias do mundo, Fabrícia Teixeira e Virgiane Amaral, obrigado por todo carinho, cuidado e por tornarem minha vida acadêmica mais fácil.

Aos produtores, Nelson Ribeiro e Gianni Brito, pela concessão das áreas para realização desse trabalho.

Ao Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação de Carbono (BIOFIX-UFPR), pela realização das análises de determinação de carbono.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, pela concessão de bolsa de estudos;

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente com a realização deste trabalho. Eu não teria conseguido sem vocês. Muito obrigado!

RESUMO

MEIRELES, Ivan Edson da Silva, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, dezembro de 2018. **Caracterização do estoque de carbono e equações alométricas para estimativa de biomassa de cafeeiros associados à grevilea.** Orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto. Coorientadores: Paulo Henrique Marques Monroe e Ana Paula Dalla Corte.

Atualmente, a funcionalidade dos sistemas agroflorestais (SAFs) está fundamentada com base em aspectos qualitativos. Entretanto, para que ocorra a consolidação desses sistemas, os diversos fatores que condicionam essa forma de manejo necessitam ser caracterizados e quantificados. O objetivo desse trabalho foi caracterizar e quantificar o estoque de carbono nos sistemas agroflorestais compostos de cafeeiros e grevileas, por meio de equações estimativas da biomassa total e dos compartimentos dos cafeeiros, em função de variáveis dendrométricas. O estudo foi conduzido em sistemas de cultivo de café (*Coffea arabica* L.) orgânico e convencional arborizado por grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn.), localizados nas regiões do Planalto da Conquista e Chapada Diamantina, Bahia. Foi utilizado o método da simples separação para o corte e determinação da biomassa das grevileas e cafeeiros selecionados. Para a realização das análises estatísticas e confecção dos gráficos foi utilizado o programa estatístico R, Microsoft Excel 2016 e SigmaPlot. Os valores médios dos teores de carbono (C) de cafeeiros e grevilea mantiveram-se abaixo do valor padrão de 50%. As particularidades do regime de manejo adotado nos sistemas agroflorestais, orgânico e convencional foram determinantes para a discriminação de estoques de biomassa e carbono de cafeeiros e grevileas. Quando comparados à floresta nativa, as concentrações de C do solo foram semelhantes ou superiores em sistemas de manejo orgânico e convencional de cafeeiros arborizados com grevileas. No SAF orgânico e convencional, considerando todos os compartimentos, houve a maior concentração de C no solo (86,20% e 69,89%), seguido pela *Grevillea robusta* (6,40% e 20,59%), *Coffea arabica* (5,50% e 7,86%) e serapilheira (1,90% e 1,66%). Os modelos definidos para os cafeeiros do sistema convencional apresentaram ajuste superior quando comparados aos modelos definidos para o sistema orgânico.

Palavras-chave: sistema agroflorestal, *Coffea arabica*, modelagem.

ABSTRACT

MEIRELES, Ivan Edson da Silva, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, December, 2018. **Characterization of carbon stocks and allometric equations for estimating biomass of coffee associated with grevillea.** Adviser: Sylvana Naomi Matsumoto. Co-Advisers: Paulo Henrique Marques Monroe and Ana Paula Dalla Corte.

Currently, the applicability of agroforestry systems (AFS) is based on the based on qualitative aspects. However, in order to consolidate these systems, the various factors that determine this form of management need to be characterized. The aim of this work was to quantify the carbon stock in coffee agroforestry systems and to adjust equations to estimate the total biomass and compartments of the coffee (*Coffea arabica* L.) according dendrometric variables. The study was carried out in grevillea (*Grevillea robusta* A. Cunn.) organic and conventional coffee growing systems, located in the regions of Planalto da Conquista and Chapada Diamantina, Bahia. The Cutting and biomass determination of the selected grevilleas and coffee were carried out based on the simple separation method. Statistical analysis and plotting the graphs were used statistical program R, Microsoft Excel 2016 and SigmaPlot. The mean values of the carbon content of coffee and grevillea remained below the default value of 50%. Although initially considered similar, the particularities of the management regime adopted in agroforestry systems, organic and conventional, were determinate for the occurrence of differences in biomass and carbon stocks of coffee and grevilleas are planted. Organic and conventional systems can add C in soil in similar amounts and higher, respectively, to the native forest. In AFS organic, considering all compartments, the soil accumulated the highest proportion of carbon in the system (86,20%), followed by *Grevillea robusta* (6,40%), *Coffea arabica* (5,50%) and litter (1,90%). In the AFS conventional, the soil also accumulated the highest proportion of carbon in the system (69,89%), followed by *Grevillea robusta* (20,59%), *Coffea arabica* (7,86%) and litter (1,66%). In the AFS organic, the model 33 for the thin branches and canopy, the model 21 to the branches and the model 25 for the stem, shoot and total were the most satisfactory models to estimate the biomass of the coffee in this system. In the AFS conventional, the model 9 for the stem, the 1 template for the tap roots and 26 for the

secondary roots, roots, shoots and total were the most efficient models to estimate the biomass of the coffee in this system. The adjusted and recommended models for the coffee conventional system showed better quality of fit in relation to the organic system. For projects aiming to participate in the carbon credit market, these models of conventional system can be used as an indirect way to the estimates of carbon stocks.

Keywords: agroforestry system, *Coffea arabica*, modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos sistemas agroflorestais estudados nas regiões da Chapada Diamantina e Planalto da Conquista, Bahia, Brasil.	27
Figura 2 – Croqui das parcelas de SAF orgânico (Ibicoara, BA) (A) e SAF convencional (Barra do Choça, BA) (B).	30
Figura 3 – Separação dos compartimentos do cafeeiro (A). Galhos do cafeeiro (B). Separação dos compartimentos da grevilea (C). Galhos da grevilea (D).	32
Figura 4 – Representação da amostragem do tronco de grevilea (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial) (A) e caule de cafeeiro (0%, 50% e 100% da altura total) (B).	33
Figura 5 – Sistematização da coleta de serapilheira nas parcelas. A: SAF orgânico (Ibicoara, BA); B: SAF convencional (Barra do Choça, BA). As setas indicam o ponto de coleta.....	34
Figura 6 – Escavações do sistema radicular de cafeeiro (A) e grevilea (B).	34
Figura 7 – Localização da trincheira dentro das parcelas.	36
Figura 8 – Recipientes utilizados para a incubação, juntamente com a amostra de solo e seus respectivos béqueres contendo NaOH e água.	40
Figura 9 – Ponto estequiométrico da volumetria de neutralização ácido-base.	40
Figura 10 – Estoque de carbono do solo, a 100 cm, em sistemas agroflorestais de café orgânico no município de Ibicoara-BA (A), e convencional, no município de Barra do Choça-BA (B), e respectivas áreas de referência (floresta nativa).....	54
Figura 11 – Estoque de carbono do solo, em diferentes camadas, sob sistema agroflorestal de café orgânico e floresta nativa, em Ibicoara - BA, Brasil. ns: não significativo; as barras verticais representam o desvio padrão.	55
Figura 12 – Estoque de carbono do solo, em diferentes camadas, sob sistema agroflorestal de café convencional e floresta nativa, em Barra do Choça - BA, Brasil. ns: não significativo; letras iguais não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade as barras.....	56
Figura 13 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa de galhos finos de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara - BA.....	66
Figura 14 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa de galhos de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara - BA.....	68
Figura 15 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa do caule de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara - BA.....	70
Figura 16 – Biomassa observada versus estimadas e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa da copa de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara - BA.....	72
Figura 17 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos	

das equações selecionadas para biomassa da parte aérea de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara - BA.....	74
Figura 18 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa total de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara - BA.....	76
Figura 19 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa do caule de cafeeiro SAF convencional. Barra do Choça, BA.	79
Figura 20 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa da raiz pivotante de cafeeiro SAF convencional. Barra do Choça, BA.....	81
Figura 21 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa das raízes secundárias de cafeeiro em SAF convencional. Barra do Choça, BA.....	83
Figura 22 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa de raízes de cafeeiro em SAF convencional. Barra do Choça, BA.....	85
Figura 23 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa da parte aérea de cafeeiro em SAF convencional. Barra do Choça, BA.....	87
Figura 24 – Biomassa observada versus estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa total de cafeeiro em SAF convencional. Barra do Choça, BA.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição diamétrica do componente arbóreo (<i>Grevillea robusta</i>) do sistema agroflorestal de café submetido a manejo orgânico.....	30
Tabela 2 – Distribuição diamétrica do componente arbóreo (<i>Grevillea robusta</i>) do sistema agroflorestal de café submetido a manejo convencional.....	30
Tabela 3 – Parâmetros dendrométricos de cafeeiros e grevilea em sistema agroflorestal orgânico e convencional, nos municípios de Ibicoara e Barra do Choça, Bahia.	32
Tabela 4 – Atributos físicos dos solos, a 100 cm, sob SAFs de café orgânico, no município de Ibicoara-BA, e convencional, no município de Barra do Choça-BA.	37
Tabela 5 – Caracterização química dos solos, a 40 cm, sob sistemas agroflorestais de café orgânico e convencional, e florestas nativas (áreas de referência).	38
Tabela 6 – Modelos matemáticos propostos para a estimativa de biomassa dos cafeeiros.....	42
Tabela 7 – Análise descritiva dos teores de carbono por compartimento de cafeeiros arábica conduzidos em sistema agroflorestal orgânico no município de Ibicoara, Bahia, e convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.	43
Tabela 8 – Análise descritiva dos teores de carbono por compartimento de árvores de <i>Grevillea robusta</i> conduzidas em sistema agroflorestal orgânico no município de Ibicoara, Bahia, e convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.	44
Tabela 9 – Análise descritiva do estoque de biomassa seca e carbono (kg planta^{-1}) de <i>Coffea arabica</i> e <i>Grevillea robusta</i> , conduzidos em SAF orgânico, no município de Ibicoara, Bahia, e convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.	49
Tabela 10 – Estoques de biomassa e carbono da serapilheira em sistemas agroflorestais orgânico, no município de Ibicoara-BA, e convencional, no município de Barra do Choça-BA.	53
Tabela 11 – Teores de carbono no solo em sistemas agroflorestais orgânico, no município de Ibicoara-BA e convencional, no município de Barra do Choça-BA.	54
Tabela 12 – Estoques de biomassa e carbono totais em sistemas agroflorestais orgânico, no município de Ibicoara - BA, e convencional, no município de Barra do Choça - BA.	57
Tabela 13 – Respiração basal do solo ($\text{CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) em sistemas agroflorestais orgânico no município de Ibicoara - Ba, e convencional, no município de Barra do Choça - Ba, e suas respectivas áreas de referência (REF, floresta nativa).	59
Tabela 14 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis dependentes (biomassa) e as variáveis dendrométricas de cafeeiros em SAFs orgânicos, no município de Ibicoara, Bahia.	62
Tabela 15 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis dependentes (biomassa) e as variáveis dendrométricas de cafeeiros em SAFs convencionais, no município de Barra do Choça, Bahia.	63
Tabela 16 – Estimativas dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa de galhos finos de cafeeiro em SAF orgânico, no município	

de Ibicoara - Bahia.	65
Tabela 17 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa de galhos (G. finos + G. grossos) de cafeeiro em SAF orgânico, no município de Ibicoara - Bahia.	67
Tabela 18 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa do caule de cafeeiro em SAF orgânico, no município de Ibicoara, Bahia.	69
Tabela 19 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da copa de cafeeiro em SAF orgânico, no município de Ibicoara - Bahia.	71
Tabela 20 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da parte aérea de cafeeiro em SAF orgânico, município de Ibicoara, Bahia.	73
Tabela 21 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa total de cafeeiro em SAF orgânico, no município Ibicoara, Bahia, 2017.	75
Tabela 22 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa do caule de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.	78
Tabela 23 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da raiz pivotante de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.	80
Tabela 24 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa das raízes secundárias de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.	82
Tabela 25 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa das raízes (pivotante + secundárias) de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.	84
Tabela 26 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da parte aérea de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.	86
Tabela 27 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da biomassa total de cafeeiro em SAF convencional, município de Barra do Choça, Bahia.	88

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1.	Arborização em cafezais	17
2.2.	Estoque de carbono acima do solo em sistemas agroflorestais	18
2.2.1.	Biomassa aérea	18
2.2.2.	Serapilheira	20
2.3.	Estoque de carbono abaixo do solo em sistemas agroflorestais	21
2.3.1.	Biomassa de raízes	21
2.4.	Estoque de carbono no solo	23
2.5.	Equações alométricas	24
3.	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Descrição da área de estudo	27
3.1.1	Regime de manejo orgânico arborizado	27
3.1.2	Regime de manejo convencional arborizado	28
3.2	Seleção das plantas para caracterização e definição de modelos	29
3.3	Amostragem destrutiva	30
3.4	Biomassa acima do solo	31
3.5	Biomassa abaixo do solo	34
3.6	Determinação de biomassa seca	35
3.7	Biomassa de casca da grevilea	35
3.8	Carbono no solo	36
3.9	Determinação do teor de carbono	39
3.10	Respiração basal do solo	39
3.11	Análise estatística	40
3.11.1	Ajuste de modelos	41
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1.	Teor de carbono	43
4.2	Estoque de biomassa e carbono	47
4.3	Serapilheira	52
4.4	Estoque de carbono no solo	53
4.5	Estoque total de biomassa e carbono	57
4.6	Respiração basal do solo	59
4.7	Ajuste de modelos para estimativa de biomassa em cafeeiros	60
5.	CONCLUSÕES	90
6.	REFERÊNCIAS	91

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do café é uma das principais commodities de exportação do Brasil, gerando a receita cambial de US\$ 5,09 bilhões, no ano de 2018 (CECAFÉ, 2019). Em 2018, o Brasil foi considerado o principal país produtor de café, com safra de 3,5 milhões de toneladas (janeiro-outubro), 74% provenientes de cultivos de cafés arábica (IBGE, 2018).

O café é tradicionalmente cultivado em associação a árvores em países da América Latina, Ásia e África. No Brasil, embora o monocultivo a pleno sol seja predominante, fatores relativos à diversificação dos serviços ecossistêmicos relacionados à estabilidade ambiental, tornam a associação de cafeeiros às árvores uma possibilidade atrativa. Com isso, a redução dos efeitos das geadas na região Sul, aporte de matéria orgânica e otimização de características edáficas na região Sudeste, redução da variação térmica, economia hídrica e redução da velocidade dos ventos na região Nordeste são alguns dos inúmeros benefícios da introdução de árvores em cafezais.

No estado da Bahia, as cadeias produtivas dos cacauzeiros, seringueiras e dos cafeeiros são as principais culturas desenvolvidas em sistemas agroflorestais (SAFs) de maior relevância econômica. Na região Sudoeste da Bahia, a introdução de grevileas (médias e grandes propriedades) e bananeiras (pequenas propriedades) nos cafezais tem como principal serviço a redução da velocidade dos ventos (MATSUMOTO, 2004). Na Chapada Diamantina, as principais espécies associadas aos cafeeiros são a grevilea, espécies nativas, jaqueira e o abacateiro (MARTINS NETO, 2009), sendo reconhecida a importância dos SAFs na preservação das matas ciliares, otimização do status hídrico da cultura e para a qualidade da bebida.

Os SAFs conciliam a conservação da biodiversidade, a produção de alimentos e a prestação de serviços ambientais, como o armazenamento de carbono (de BEENHOUWER et al., 2016). Embora o sequestro de carbono não se caracterize como o principal serviço dos SAFs relacionados ao cultivo do café, estudos recentes evidenciam que esses sistemas elevam a capacidade de armazenamento de carbono na biomassa acima do solo (FELICIANO et al., 2018), no solo e na biomassa subterrânea (NAIR et al., 2009a; BELIZÁRIO et al., 2018).

Os serviços ambientais relacionados aos sistemas agroflorestais, em especial os sistemas com café, podem gerar liquidez aos produtores, contribuindo para a

manutenção destes sistemas (PINOARGOTE et al., 2017; CERDA et al., 2017, SOTO-PINTO et al., 2010). No entanto, para que o impacto do serviço ecossistêmico relativo ao sequestro de carbono se reverta em adesão a este sistema de cultivo, são necessários meios para a quantificação do estoque de carbono. A estimativa por meio de modelos alométricos tem sido utilizada para viabilizar o pagamento de serviços ambientais, por se constituir em uma base de cálculo real para este serviço.

Os modelos alométricos são relações matemáticas que estimam a biomassa total ou dos diversos compartimentos, com base em variáveis dendrométricas de fácil obtenção em campo, como diâmetro e altura total (SEGURA e ANDRADE, 2008; ANDRADE et al., 2016). Esses modelos são primordiais para aferir a contribuição dos ecossistemas para o ciclo de carbono (PICARD et al., 2012), ocorrendo crescente interesse pelo ajuste de equações de biomassa para o café, principalmente na América Central (SEGURA et al., 2006), América do Sul (COLTRI et al., 2015; ANDRADE et al., 2016) e África (NEGASH et al., 2013; GUILLEMOT et al., 2018).

A plasticidade fenotípica das espécies pode afetar a aplicação de modelos de estimativa da quantificação de biomassa, estando intrinsecamente relacionada à espécie avaliada em relação aos fatores que caracterizam determinado local (NAVAR, 2008; BASUKI et al., 2009; KAONGA e BAYLISS-SMITH, 2010; YOUKHANA e IDOL, 2011; HENNERON et al., 2018). Desta forma, condições edafoclimáticas, arranjo e composição dos sistemas, bem como as práticas de manejo são fatores que podem interferir na acurácia das estimativas por meio de modelos (LOTT et al., 2000; KAONGA e BAYLISS-SMITH, 2010).

Atualmente, a caracterização dos sistemas agroflorestais está fundamentada principalmente em aspectos qualitativos. Para que ocorra a consolidação desses sistemas, os diversos fatores que condicionam essa forma de manejo necessitam ser caracterizados quantitativamente. A possibilidade de gerar informações quantitativas sobre os SAFs de café e sua capacidade de armazenamento de carbono, torna-se um avanço para a inserção destes sistemas no mercado de carbono.

Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar se ocorrem diferenças no estoque de carbono em sistemas agroflorestais de café, caracterizados por diferentes regimes de manejo e densidades dos cafeeiros, e por arranjos distintos das grevéias, além de verificar se há possibilidade de ajuste de equações alométricas para estimar a biomassa seca dos cafeeiros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Arborização em cafezais

O café é um produto agrícola de elevada importância econômico-cultural, com participação marcante no contexto histórico do país desde a colonização (CAVATTE et al., 2013). Nativo de sub-bosques de florestas da Etiópia, os primeiros cafezais (*Coffea arabica* L.) foram conduzidos sob sombras de espécies arbóreas, com o intuito de simular seu habitat natural (OLIVAS, 2018).

O uso da arborização como ferramenta de manejo na produção cafeeira pode trazer diversos benefícios, como: menores oscilações de temperatura (RICCI et al., 2011), redução da velocidade média dos ventos (PEZZOPANE et al., 2010), redução da variação temporal da produção (DAMATTA et al., 2007), proteção do solo contra erosão e melhoria da fertilidade (MENDONÇA et al., 2010), estoque de carbono na vegetação e no solo (SOTO-PINTO et al., 2010), além de preços mais competitivos (OLIVEIRA, 2015).

Apesar das vantagens mencionadas, no Brasil, a cafeicultura é praticada predominantemente a pleno sol, fato associado à menor produtividade quando comparada ao plantio arborizado (VALENTINI et al., 2010; SOUZA et al., 2012; ARAÚJO et al., 2016).

Para a análise da efetividade do sombreamento em questões relacionadas à produtividade, fatores relativos à composição, arranjo e densidade de árvores, bem como os fatores edafoclimáticos e de manejo devem ser observados (JARAMILLO-BOTERO et al., 2006; RICCI et al., 2006).

Existe uma ampla combinação de composição e arranjo de sistemas agroflorestais com café, com diferentes graus de complexidade. Os conhecidos como “tradicionais” geralmente são caracterizados por elevada densidade e diversidade de árvores nativas (PERFECTO et al., 2014; de BEENHOUWER et al., 2016). No outro extremo, encontram-se os sistemas tecnificados, compostos por algumas ou até mesmo uma única espécie arbórea (MUSCHLER e WINTGENS, 2009).

Atualmente, observa-se a tendência de inserção de espécies exóticas nestes sistemas em todo o mundo (AMBINAKUDIGE e SATHISH, 2009; RUF, 2011; NATH et al., 2011; SCHMITT-HARSH et al., 2012; VALENCIA et al., 2015; EHRENBERGEROVÁ et al., 2016). No Brasil, são utilizadas espécies como a

Grevillea robusta, *Hevea brasiliensis*, *Toona ciliata* e *Macadamia integrifolia* (MÜLLER, 2004; MARTINS NETO e MATSUMOTO, 2010; VALENTINI et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2010). Em tais sistemas, a intensidade do sombreamento é comumente definida por meio do desbaste e poda das espécies arbóreas, a fim de obter condições favoráveis de luz e umidade para a produção de café (TSCHARNTKE et al., 2011).

A introdução de espécies exóticas em sistemas agroflorestais de café pode estar associada ao rápido crescimento, valor econômico, menor incidência de pragas e doenças e concorrência reduzida com a cultura principal (ANGLAERE et al., 2011, TEFERA et al., 2014). Além disso, estas podem ser colhidas livremente e fornecer maior rentabilidade ao produtor (NATH et al., 2016).

Informações sobre os benefícios fornecidos pela associação de árvores e café são de fundamental importância para a decisão de agricultores a manterem e/ou aumentarem os usos da terra sob sistemas agroflorestais de café (CHEATHAM et al., 2009; JOSÉ, 2009).

Atualmente, os estudos sobre os sistemas agroflorestais com cafeeiros no Brasil têm se intensificado, no entanto há uma compreensão limitada acerca das interações e ganhos ambientais existentes dentro do contexto destes sistemas, particularmente no que se refere àqueles relacionados ao seu potencial de estoque de carbono.

2.2. Estoque de carbono acima do solo em sistemas agroflorestais

2.2.1. Biomassa aérea

Estima-se que a área total sob sistemas agroflorestais no mundo é de aproximadamente um bilhão de hectares (NAIR et al., 2009a; ZOMER et al., 2009). As estimativas de sequestro C da biomassa acima do solo de alguns sistemas agroflorestais em todo o mundo são altamente variáveis, oscilando de 0,29 a 15,21 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (NAIR et al., 2009b).

O potencial de estoque de carbono em sistemas agroflorestais pode variar com a composição das espécies, idade, localização geográfica, fatores ambientais e manejo (JOSÉ, 2009; NAIR et al., 2009b). O interesse na estimativa de estoque de carbono em SAFs está atrelado à busca pelo entendimento sobre o papel desse

sistema no que diz respeito ao sequestro de carbono e consequente sustentabilidade da produção (OLIVEIRA, 2015).

O estoque e sequestro de C envolve, principalmente, a absorção de CO₂ atmosférico durante a fotossíntese e transferência do C para a vegetação, serapilheira e solo. Ocorre em dois fragmentos principais do SAF: acima do solo e abaixo do solo. Com relação ao estoque de biomassa e carbono acima do solo, considera-se partes específicas da planta (caule, folhas, galhos, miscelânea) (LAL, 2010; RATUCHNE et al., 2016).

A biomassa vegetal pode ser quantificada pelo método destrutivo e pelo não destrutivo. O método destrutivo consiste em cortar e determinar os pesos, fresco e seco, das plantas a serem amostradas. O método não destrutivo utiliza-se das relações entre a biomassa e outras variáveis como DAP (diâmetro à altura do peito), altura e volume (SCHIKOWSKI et al., 2013).

O fator de conversão de 0,5 tem sido comumente empregado no cálculo da estimativa de estoque de carbono presente na biomassa acima do solo, em florestas tropicais (LEWIS et al., 2009; SAATCHI et al., 2011), sistemas agroflorestais (SOTO-PINTO et al., 2010) e povoamentos florestais (BEETS et al., 2011). Entretanto, a utilização deste fator pode resultar em estimativas de estoque de carbono imprecisas (THOMAS e MARTINS, 2012; SANER et al., 2012), visto que, nesse caso, as variações existentes quanto a alocação de carbono inter e intraespecífica são desprezadas (SANQUETTA, 2002).

A capacidade de acúmulo de carbono na biomassa de sistemas agroflorestais com cafeeiros foi relatada em alguns estudos. Ehrenbergerová et al. (2016), avaliando o armazenamento de carbono em sistemas de *Coffea arabica* e *Pinus* spp. localizados nos Andes peruanos, aos 15 anos, observaram estoque de C, acima do solo, de 2,8 Mg C ha⁻¹ e 57,5 Mg C ha⁻¹, respectivamente. Coltri et al. (2015), avaliando um sistema cafeeiro arborizado com macadâmia (*Macadamia* spp.), aos 10 anos, encontraram um estoque de carbono de 12,55 Mg C ha⁻¹, sendo que os cafeeiros estocaram 10,65 Mg C ha⁻¹ e a macadâmia 1,9 Mg C ha⁻¹. Os mesmos autores constataram que o carbono estocado nos diferentes compartimentos do cafeeiro sombreado seguiu a seguinte proporção: caule (36,0%), galhos (27,2%), folhas (19,1%) e frutos (17,7%).

Na Etiópia, foi descoberto que sistemas de café podem armazenar na biomassa 50 a 62% do carbono que as florestas capturam (TADESSE et al., 2014). Na

Indonésia, por exemplo, a agrofloresta de café armazenou 60% do C acima do solo em relação ao que as florestas remanescentes adjacentes estocam (KESSLER et al., 2012).

Plantios homogêneos de *Grevillea robusta*, de 21 anos, em Kerala, região central da Índia, armazenaram 31,28 Mg C ha⁻¹ na biomassa acima do solo (GEO, 2013). Jangra et al. (2010) observaram 133,3 Mg C ha⁻¹ na biomassa acima do solo. Conforme os mesmos autores, o estoque de carbono nos diferentes compartimentos da biomassa acima do solo foi de 68,7% no tronco, 13% nos galhos e 2,2% nas folhas.

Diante disso, reconhece-se que os sistemas agroflorestais, sobretudo quando bem manejados, podem contribuir para aumentar o armazenamento de C em curto prazo nas plantas.

2.2.2. Serapilheira

A serapilheira pode ser definida como a camada mais superficial do solo, constituída principalmente por resíduos vegetais (galhos, folhas, sementes, cascas e flores) e, em menor proporção, por resíduos de origem animal (restos de animais e material fecal), apresentando diferentes estágios de decomposição (MARTINS, 2009; SOUZA et al., 2016). Dentre os diferentes compartimentos da serapilheira, a folha é o que apresenta, geralmente, a maior participação na composição total (SANTOS et al., 2011).

Essa camada desempenha importantes funções no equilíbrio e na dinâmica dos ecossistemas (COSTA et al., 2013). É essencial para o ciclo de nutrientes (deposição, acúmulo e decomposição do material vegetal), além de proteger o solo contra as elevadas temperaturas, abrigar uma abundante macro e microfauna, manter a umidade, influenciar na taxa de infiltração de água e diminuição da erosão, resultando em maior proteção física ao solo (COSTA et al., 2007; THOMAZINI et al., 2013; MEYLAN et al., 2017).

A reciclagem de nutrientes através do mecanismo planta-solo está intrinsecamente relacionada às taxas de produção e decomposição da serapilheira (PINTO et al., 2009; NETO et al., 2015). Em sistemas agroflorestais, a menor exposição à radiação solar condiciona um microclima favorável à manutenção da serapilheira, contribuindo para uma menor taxa de decomposição da matéria orgânica no solo (RADOMSKI e RIBASKI, 2012). Em relação à nutrição das plantas, a

mineralização mais lenta é considerada uma característica negativa. Entretanto, quando se trata da imobilização de carbono, como forma de reduzir os efeitos do CO₂ na atmosfera, menores taxas de mineralização são apontadas como benéficas (SANCHES et al., 2009).

A variabilidade de biomassa e carbono da serapilheira é elevada estando intrinsecamente relacionada à origem material vegetal, composição de espécies, estágio sucessional, idade, local e época de coleta (CALDEIRA et al., 2013).

Cotta et al. (2008) desenvolveram um estudo de quantificação de carbono na biomassa de um SAF de seringueira (34 anos) e cacau (6 anos) no município de Igrapiúna-BA, sendo que, do total estocado, 92,4% estava na biomassa da seringueira (80,8% na parte aérea e 19,2% no sistema radicular), 5,7% no cacau (72,4% na parte aérea e 27,6% nas raízes) e 2% na serapilheira.

Cogo (2012), avaliando o carbono orgânico em Latossolo sob lavoura cafeeira, verificou que no cafezal em consórcio com macadâmia, na região Sul de Minas Gerais, foi acumulada uma camada média de serapilheira de 1,23 Mg ha⁻¹ de matéria seca. Hergoualc'h et al. (2012) observaram o estoque de 2,2 Mg ha⁻¹ de carbono na biomassa da serapilheira em um SAF de café com *Inga densiflora*, na Costa Rica. No mesmo trabalho foi quantificado o estoque de 1,3 Mg ha⁻¹ em monocultivo de café.

Neste sentido, o conhecimento a respeito do estoque de carbono na biomassa da serapilheira é de extrema relevância para o entendimento da importância desse compartimento para a dinâmica do C em sistemas agroflorestais.

2.3. Estoque de carbono abaixo do solo em sistemas agroflorestais

2.3.1. Biomassa de raízes

Métodos para mensurar e monitorar a biomassa acima do solo estão bem estabelecidos, no entanto as estratégias para avaliação da biomassa abaixo do solo são menos desenvolvidas e utilizadas com menos frequência. Além disso, não há padronização dos métodos para a biomassa abaixo do solo em diferentes sistemas de uso da terra (IPCC, 2006).

Estudos de biomassa em sistemas agroflorestais têm como foco principal o compartimento acima do solo, devido à facilidade de avaliação. A amostragem de raízes é uma atividade onerosa e que demanda bastante tempo devido à necessidade

de escavação e retirada do sistema radicular (RESH et al., 2003; BRITZ, 2007). Portanto, comumente utiliza-se o fator razão de raízes (R) para estimar a biomassa abaixo do solo. Esse fator pode diferir consideravelmente entre as espécies e nas regiões ecológicas (NAIR, 2012).

De acordo com o IPCC (2006), em seu Guia para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, é recomendado o uso dessas relações quando não há valores locais disponíveis, sendo específicos para diferentes domínios climáticos e zonas ecológicas. Em relação à representatividade dos compartimentos da biomassa, em ecossistemas florestais, seguramente a maior fração da biomassa compreende o fuste das árvores (SANQUETTA, 2002).

A biomassa de raízes, por representar em média de 20 a 26% da biomassa total (acima do solo e de raízes), é também um reservatório de carbono de grande importância a ser quantificado (RAVINDRANATH e OSTWALD, 2008), mas devido à dificuldade na mensuração direta dessa variável, o compartimento frequentemente não é avaliado no inventário de carbono.

A capacidade de armazenar carbono na biomassa de raízes em SAFs com cafeeiros foi relatada em algumas pesquisas. Por exemplo, Dossa et al. (2008), estudando o acúmulo de carbono em um sistema Café-Albícia obtiveram valores de 32 Mg ha⁻¹. A albícia contribuiu com 55% da biomassa total das raízes. No mesmo estudo, observou-se 18,7 Mg ha⁻¹ de biomassa radicular, em plantio homogêneo de café (*Coffea canephora* var. *robusta*). Em sistema de *Coffea arabica* e *Inga densiflora*, com 7 anos, na Costa Rica, Siles et al. (2010) verificaram 5,1 Mg ha⁻¹ de massa seca nas raízes dos cafeeiros, o que representa, aproximadamente, 20,9% de sua biomassa total. No referido sistema, Hergoualc'h et al. (2012) estimaram a biomassa abaixo do solo de *Inga densiflora* em 5,9 Mg ha⁻¹.

Plantios homogêneos de *Grevillea robusta*, de 21 anos, em Kerala, região central da Índia, armazenaram 8,04 Mg C ha⁻¹ na biomassa radicular (THAKUR et al., 2015). Jangra et al. (2010), observaram 133,3 Mg C ha⁻¹ na biomassa acima do solo e 25,5 Mg C ha⁻¹ nas raízes de *Grevillea robusta* (25 anos), em Karnal, norte da Índia. Conforme os mesmos autores, em plantio homogêneo de *Grevillea* o estoque de carbono nos diferentes compartimentos foi: tronco (68,7%), raízes grossas (13,8%), galhos (13%), raízes finas (2,3%) e folhas (2,2%).

O conhecimento sobre a biomassa radicular, incluindo raízes em camadas profundas do solo, é essencial para compreender a dinâmica e armazenamento a

longo prazo do carbono.

2.4. Estoque de carbono no solo

O solo desempenha papel crucial no sequestro de carbono. Entre os diferentes tipos de uso do solo direcionados à produção agronômica, os sistemas agroflorestais podem ser considerados sistemas de elevada eficiência quando se considera o armazenamento de carbono no solo, bem como baixa vulnerabilidade, comparados a outros tipos de manejo intensivo (NAIR et al., 2009b). Apesar da exploração contínua da cultura principal, a produção agroflorestal tem elevado potencial de conservação do solo devido à maior produção de serapilheira e sombreamento do solo através da cobertura arbórea (EHRENBERGEROVÁ et al., 2016).

Globalmente, a quantidade de carbono armazenado no solo é inferior apenas ao estocado no oceano (38.400 Gt). Em contrapartida, estima-se que o total de C armazenado no solo é equivalente a 3,3 vezes a quantidade presente na atmosfera e 4,5 vezes superior à vegetação (LAL, 2008; KÖCHY et al., 2015).

Embora a maioria dos estudos relate uma estimativa global de cerca de 1.500 Pg C armazenado no solo, o potencial desse compartimento como reservatório de C apresenta estimativas variadas para os principais biomas do mundo, havendo considerável variação da massa de C estocada (504-3000 Pg C) (LAL, 2008; SCHARLEMANN et al., 2014). Os solos tropicais estocam de 184,5 a 435 Pg de C, na camada de 0 a 100 cm de profundidade (NEUMANN-COSEL et al., 2011). Além disso, entre 30 e 300 Mg C ha⁻¹ pode ser armazenado em solos agroflorestais a 100 cm de profundidade (NAIR et al., 2010). Conseqüentemente, pequenas mudanças no conteúdo de carbono do solo podem ter impacto significativo na concentração de CO₂ atmosférico (MYHRE et al., 2013; LORENZ e LAL, 2014).

Diversos estudos na literatura sugerem sistemas agroflorestais como um sistema com alto potencial para elevar os estoques de carbono do solo (ECS) (LORENZ e LAL, 2014). No entanto, a quantidade armazenada pode variar amplamente dependendo do tipo de SAF (NAIR et al., 2009a). No Sul da Bahia, Gama-Rodrigues et al. (2010), em sistemas agroflorestais de *Theobroma cacao* e *Erythrina fusca* e cacau cabruca (30 anos), relataram estoque de carbono orgânico total (COT), na camada de 0-100 cm, de 139 Mg C ha⁻¹ e 172 Mg C ha⁻¹, respectivamente. O estoque de COT, na camada de 0-45 cm, quantificado por Sharrow e Ismail (2004),

em sistema de *Pseudotsunga menziesii* e *Trifolium subterraneum* (11 anos), no Oregon, EUA, foi de 95,89 Mg C ha⁻¹.

Em SAFs de cafeeiros arábica associados à *Inga densiflora*, na Costa Rica, Hergoualc'h et al. (2012) verificaram estoque de COT, na camada de 0-40 cm, de 111,29 Mg C ha⁻¹, aos 9 anos. Nos Andes peruanos, Ehrenbergerová et al. (2016) relataram estoque de COT, aos 30 cm, de 101,8 Mg C ha⁻¹, em sistema de *Coffea arabica* e *Pinus* spp., aos 15 anos.

Em Karnal, região norte da Índia, foi observado estoque de COT a 100 cm de profundidade, de 48 Mg C ha⁻¹, em plantio de *Grevillea robusta*, de 25 anos (JANGRA et al., 2010). O estoque de COT encontrado por Silva et al. (2013), na camada de 0-40 cm, em plantio de *Coffea arabica* (8 anos), em Alfenas-MG, foi de 65,85 Mg C ha⁻¹, demonstrando que a associação entre essas espécies pode contribuir com o incremento de carbono no solo.

No entanto, como mencionado anteriormente, no contexto dos SAFs em geral, as estimativas do ECS variam muito, uma vez que o potencial de estoque nesses sistemas dependerá de fatores biológicos, climáticos, do solo e de manejo. Além disso, não há padronização dos procedimentos de estudo, como profundidade de amostragem e análise do solo. Um fato importante é a generalização de informações sobre os solos em muitos relatórios (densidade do solo) cruciais para comparação e extrapolação de dados (NAIR et al., 2009a; NAIR, 2012).

A textura do solo também pode influenciar a determinação do teor de carbono, tendo em vista que os solos argilosos, por terem partículas mais agregadas, resultam em maior estoque de carbono, quando comparados àqueles com maior proporção de areia (NOGUEIRA, 2013).

Entretanto, apesar de sua importância, a compreensão acerca da dinâmica do ECS e sua distribuição espacial e entre as classes de uso do solo ainda são incipientes (JANDL et al., 2014). A consolidação desse conhecimento é indispensável para avaliar, em um contexto global, onde os solos são mais vulneráveis às perdas de carbono ou quais tipos de uso de solo podem favorecer o sequestro de carbono (KÖCHY et al., 2015).

2.5. Equações alométricas

A determinação de biomassa ocorre, normalmente, através de dois métodos

distintos. O método direto ou destrutivo envolve determinações diretas de biomassa através do corte e mensuração do seu peso fresco. O método indireto ou não-destrutivo implica na estimativa de biomassa a partir de relações alométricas ou por processamento digital de imagens de satélite (SANQUETTA, 2002; GATTO et al., 2011). Geralmente, os dados obtidos pelo método direto são utilizados no ajuste de equações alométricas para estimativa de biomassa (SANQUETTA, 2002).

Modelos alométricos são relações matemáticas que estimam a biomassa em função de características dendrométricas de fácil obtenção (SEGURA e ANDRADE, 2008; PICARD et al., 2012). Para a estimativa da biomassa acima do solo, a modelagem estatística foi desenvolvida principalmente para a aplicação em florestas naturais e plantadas (SEGURA et al., 2006).

Apesar do potencial do compartimento abaixo do solo para armazenar carbono, dados sobre sua distribuição são geralmente limitados devido às dificuldades associadas à mensuração da biomassa radicular. De maneira geral, métodos para quantificação da biomassa abaixo do solo são mal estabelecidos e não há padronização para os diferentes usos do solo. Apesar do maior sucesso na quantificação da biomassa acima do solo, as raízes ainda são um componente importante para as estimativas de biomassa total (KUYAH et al., 2012b).

A amostragem destrutiva fornece uma estimativa mais precisa, entretanto raramente é utilizada devido ao custo, trabalho e tempo demandados. Portanto, a biomassa abaixo do solo é frequentemente relatada como uma proporção da biomassa acima do solo (razão de raízes) ou por relações alométricas (MOKANY et al., 2006). A relação raiz/parte aérea varia em resposta a fatores que afetam o particionamento da biomassa (KEITH et al., 2000). A espécie, práticas de manejo e tipo de solo são susceptíveis a influenciar o acúmulo de biomassa nas raízes (LUO et al., 2005). Ao contrário das florestas, onde a relação R/PA média e equações alométricas foram desenvolvidas na literatura (IPCC, 2006), ainda não foram propostos modelos preditores da biomassa abaixo do solo em sistemas de produção de café.

Entretanto, deve-se evitar a aplicação de equações e relação R/PA de forma generalizada, uma vez que os fatores que influenciam o acúmulo de biomassa abaixo do solo podem variar em função da região e entre os diferentes sistemas e espécies (BRASSARD et al., 2011). Segundo Paiva et al. (2011), a heterogeneidade de estoque de biomassa e carbono radicular está relacionada às diferentes composições de

espécies, dificuldade de separação de raízes e solo e época de coleta.

Embora alguns estudos sobre o estoque de carbono e balanço dos gases do efeito estufa tenham sido elaborados em sistemas homogêneos e arborizados de cafeeiros no mundo (DOSSA et al., 2008; SILES et al., 2010; SCHMITT-HARSH et al., 2012; HERGOUALC'H et al., 2012; COLTRI et al., 2013; SILVA et al., 2013; OLIVEIRA, 2015; EHRENBERGEROVÁ et al., 2016), o número limitado de modelos propostos para estimar a biomassa do cafeeiro nesses sistemas se restringem à biomassa acima do solo (SEGURA et al., 2006; NEGASH et al., 2013; COLTRI et al., 2015; ANDRADE et al., 2016; GUILLEMOT et al., 2018).

A quantificação do potencial de estoque de carbono, independentemente do tipo de sistema, requer métodos práticos. Enquanto um sucesso significativo foi alcançado na estimativa do estoque de C nas florestas nativas e plantadas (KUYAH et al., 2012a), o conhecimento em relação a outros tipos de uso do solo, como em sistemas de produção de café, ainda é escasso. Desta forma, esforços para quantificar o estoque de C nesses sistemas são limitados devido à inexistência de equações alométricas que permitam estimar as biomassas de cafeeiros e espécies arbóreas e, posteriormente, convertê-las em carbono.

Ainda que tenham estabelecido equações para quantificar a biomassa do café em algumas regiões, uma estimativa fidedigna requer que as equações sejam definidas levando em consideração as especificidades de cada sistema (KAONGA e BAYLISS-SMITH, 2010; YOUKHANA e IDOL, 2011). É importante salientar que existem limitações para a aplicação de modelos desenvolvidos para outras regiões, uma vez que podem prever com baixa precisão a biomassa local, devido às diferenças na arquitetura das plantas, idade, diâmetro, densidade de plantio, cultivares, solo, clima e práticas de manejo (KAONGA e BAYLISS-SMITH, 2010).

Diante do exposto, existe a necessidade de desenvolver modelos para estimativas mais precisas e confiáveis de biomassa de cafeeiros, acima e abaixo do solo, em sistemas agroflorestais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi conduzido no período de dezembro de 2016 a maio de 2018, em dois sistemas agroflorestais de cafeeiros, submetidos a regimes de manejo orgânico arborizado e regime convencional arborizado, no território da Chapada Diamantina e no Planalto da Conquista, Bahia (Figura 1).

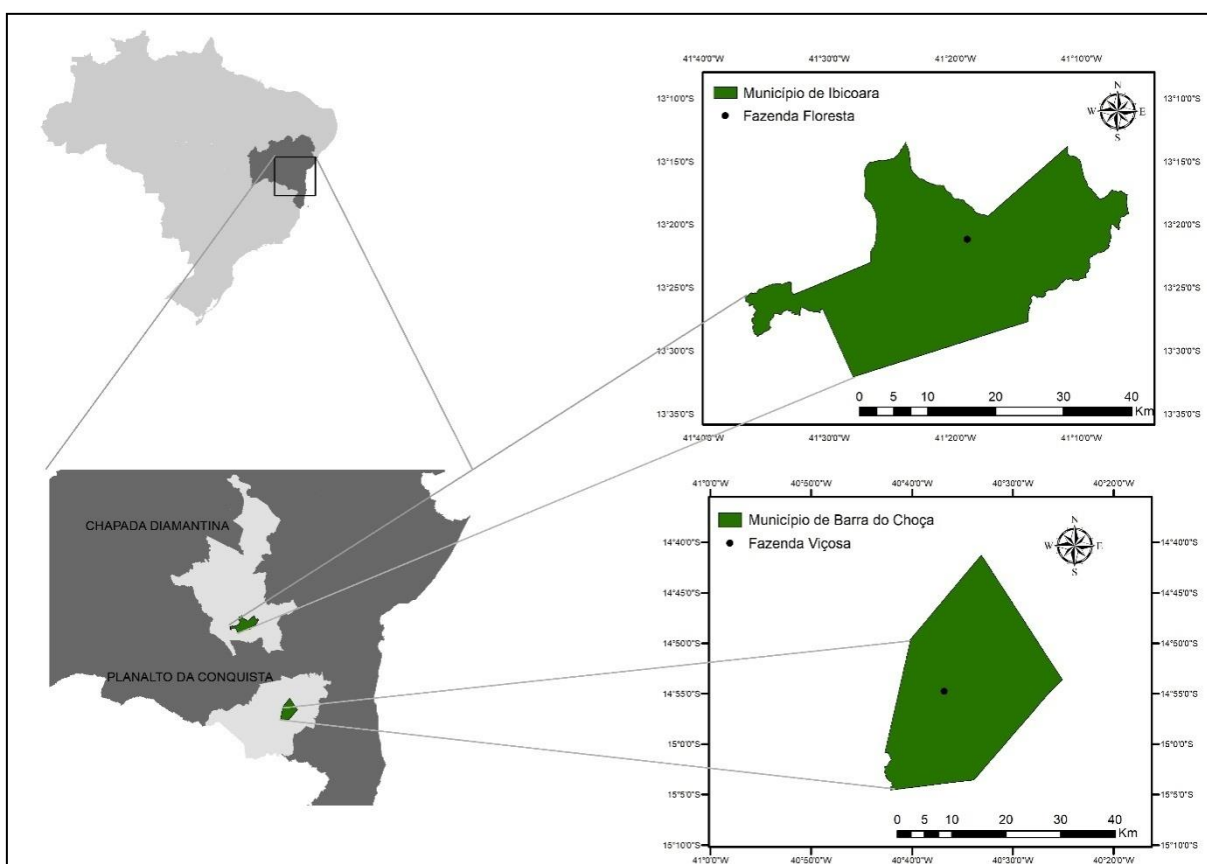


Figura 1 – Localização dos sistemas agroflorestais estudados nas regiões da Chapada Diamantina e Planalto da Conquista, Bahia, Brasil.

3.1.1 Regime de manejo orgânico arborizado

O sistema está localizado na região da Chapada Diamantina, no município de Ibicoara, Bahia (13° 21' 00" latitude sul e 41° 19' 12" longitude oeste), a 1100 metros de altitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é temperado, do tipo Cfb, com verão ameno (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de 18,4

°C e a precipitação média de 1166,2 mm, com período chuvoso concentrado nos meses de outubro a junho (SEI, 2014).

O plantio orgânico de *Coffea arabica*, variedade Catucaí vermelho, em aproximadamente 2,5 ha, foi implantado em área anteriormente coberta por pastagem. O preparo do solo foi realizado através da limpeza, gradagem e correção da acidez com calcário. No plantio, utilizou-se como adubo esterco e torta de mamona. Os cafeeiros foram plantados em 2005, em espaçamento de 4 m x 0,75 m (3333 plantas ha⁻¹) e associados às grevileas (*Grevillea robusta*), plantadas nas linhas dos cafeeiros, em 2008, com espaçamentos irregulares (8 m x 12 m, 8 m x 8 m, 12 m x 12 m), 104 plantas ha⁻¹. Desde o período de implantação foram realizadas duas podas na grevilea, e todos os resíduos foram depositados próximos aos cafeeiros.

Nos períodos de extrema restrição de disponibilidade hídrica, o plantio foi irrigado. Também foram realizadas fertirrigações, por gotejamento, duas vezes após a colheita. Na fertirrigação, utiliza-se biofertilizante, produzido na própria fazenda, à base de esterco fresco de ovino, sulfato de Zn e Mg e vísceras de peixe. Também são realizadas aproximadamente três pulverizações com o biofertilizante, no período de outubro a março. Para o controle de pragas e doenças, pulveriza-se estrato de nim (*Azadirachta indica*) no plantio.

3.1.2 Regime de manejo convencional arborizado

Foi determinado como local de estudo a área inserida na região do Planalto da Conquista, no município de Barra do Choça, no estado da Bahia (14°54'46" latitude sul e 40°36'39" longitude oeste), a 847 metros de altitude. De acordo a classificação de Köppen, o clima é Subtropical, do tipo Cfa (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de 20,2 °C e a precipitação média de 733,9 mm, com período chuvoso concentrado de novembro a janeiro (SEI, 2013).

O plantio dos cafeeiros (*Coffea arabica*), variedades Acauã, Catucaí 2sl e Catucaí 144, foi realizado em uma área anteriormente coberta por floresta nativa, possuindo aproximadamente 2,93 ha. O preparo do solo foi realizado através da limpeza, aração, gradagem e correção da acidez com calcário. Os cafeeiros foram plantados em 1997, em espaçamento 2 m x 0,5 m (10000 plantas ha⁻¹). No mesmo ano, as grevileas (*Grevillea robusta*) foram inseridas em renques, nas linhas dos cafeeiros, em espaçamento de 30 m x 3 m (111 plantas ha⁻¹). Na adubação de plantio

foram utilizados 200g de superfosfato simples m^{-1} , 200g de calcário m^{-1} e 5L de palha de café m^{-1} . As demais adubações químicas para condução do plantio variaram conforme o desenvolvimento do café, consistindo em fontes de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes. O manejo da espécie arbórea consistiu em podas anuais (uma poda ano^{-1}), até o terceiro ano de plantio. Foram retiradas as plantas espontâneas e todo o resíduo da área. Em relação às pragas, efetuou-se o combate mediante aplicação de inseticidas via foliar e solo.

Os cafeeiros foram renovados há 11 anos, por meio de uma poda drástica (recepa) e, em 2012, eliminaram-se algumas linhas de plantio de café, aproximadamente 3240 plantas, reduzindo a densidade de plantio para 8895 plantas ha^{-1} . O sistema recebeu irrigação (localizada) ao longo de 18 anos, atingindo, aproximadamente, 300 mm ano^{-1} .

3.2 Seleção das plantas para caracterização e definição de modelos

Para a escolha das unidades amostrais foram consideradas duas condições distintas para cafeeiros e grevileas. Foram selecionados 20 cafeeiros no SAF orgânico e 30 no SAF convencional, aleatoriamente, espaçados em no mínimo 50 metros na linha de plantio, conforme Dossa et al. (2008), Schmitt-Harsh et al. (2012) e Silva et al. (2013). Essas plantas formaram o conjunto amostral utilizado para o ajuste de modelos para estimativa de biomassa do cafeeiro.

Na segunda situação, os indivíduos arbóreos foram selecionados conforme sua distribuição diamétrica. Foram mensurados os diâmetros com casca à altura do peito (DAP a 1,30 m) dos indivíduos de quatro parcelas. No SAF orgânico e no SAF convencional, as dimensões das parcelas foram de 14 x 48 m (Figura 2A) e 14 x 30 m (Figura 2B), respectivamente. A determinação das áreas das parcelas procedeu-se com o objetivo de que todas abrangessem a mesma densidade de indivíduos. As divisões por classe de diâmetro foram apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Distribuição diamétrica do componente arbóreo (*Grevillea robusta*) do sistema agroflorestal de café submetido a manejo orgânico.

Intervalo de classe (cm)	Centro da classe (cm)	Número de árvores selecionadas
11,17 - 15,17	13,17	1
15,18 - 19,18	17,18	1
19,19 - 23,19	21,19	1
23,20 - 27,20	25,21	2
27,21 - 31,21	29,23	1
31,22 - 35,22	33,24	1

Tabela 2 – Distribuição diamétrica do componente arbóreo (*Grevillea robusta*) do sistema agroflorestal de café submetido a manejo convencional.

Intervalo de classe (cm)	Centro da classe (cm)	Número de árvores selecionadas
28,01 - 31,00	29,5	1
31,01 - 34,00	32,5	1
34,01 - 37,00	35,5	1
37,01 - 40,00	38,5	1
40,01 - 43,00	41,5	1
43,01 - 46,00	44,5	1
46,01 - 49,00	47,5	1

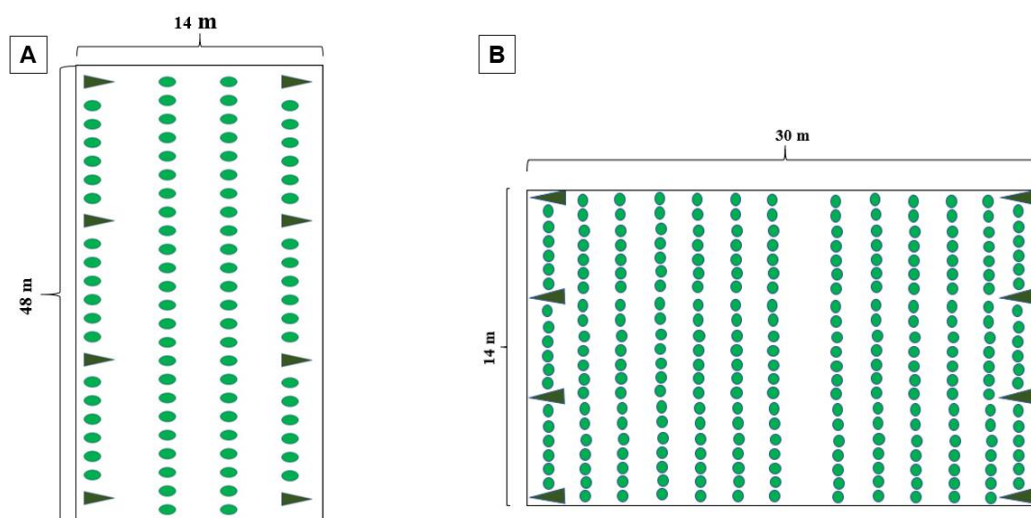


Figura 2 – Croqui das parcelas de SAF orgânico (Ibicoara, BA) (A) e SAF convencional (Barra do Choça, BA) (B).

3.3 Amostragem destrutiva

Neste estudo, considerou-se a biomassa da parte aérea e radicular de ambas as espécies que compõem o sistema agroflorestal. A parte aérea do cafeeiro é composta pelos seguintes compartimentos: caule, galhos grossos (diâmetro $\geq 0,5$ cm), galhos finos (diâmetro $< 0,5$ cm), folhas e miscelânea (flores e frutos). Em relação à

grevílea, sua parte aérea foi composta por: tronco, casca, galhos grossos (diâmetro \geq 3 cm), galhos finos (diâmetro $<$ 3 cm) e folhas. O sistema radicular, em ambas as espécies, foi subdividido em raízes pivotantes e secundárias. A determinação de biomassa foi executada utilizando-se o método da simples separação, descrito por Sanquetta (2002).

3.4 Biomassa acima do solo

Depois de selecionados os indivíduos amostrais, procedeu-se o corte das plantas. Em seguida, foram mensurados os seguintes parâmetros dendrométricos (Tabela 3):

Cafeeiros:

- Altura total (Ht): Determinada com uma trena, com precisão de um mm, colocada paralelamente ao caule da planta, medindo-se o comprimento da base ao ápice do caule.
- Diâmetro da base (D_b): Diâmetro medido na base no caule, logo acima do ponto de corte, com auxílio de um paquímetro digital.
- Diâmetro a 50% (D_m): Diâmetro medido na posição correspondente a 50% da altura total da planta, com auxílio de um paquímetro digital.
- Diâmetro do topo (D_t): Diâmetro medido a 10 cm do ápice da planta, com auxílio de um paquímetro digital.
- Diâmetro médio (d): Média entre os diâmetros anteriormente medidos.

Grevíleas:

- Altura total (Ht): Determinada com uma trena, com precisão de um mm, colocada paralelamente ao tronco da planta, medindo-se o comprimento da base ao ápice do tronco.
- Altura comercial (H_c): Determinada com uma trena, com precisão de um mm, colocada paralelamente ao tronco da planta, medindo-se o comprimento da base do tronco até o diâmetro mínimo de 4 cm.
- Diâmetro à altura do peito (DAP): Diâmetro medido a 1,30 metros do solo. Foi obtido a partir da mensuração do perímetro da árvore a 1,30 m do solo, utilizando-se uma fita métrica e, posteriormente, convertendo-o ao DAP.

Tabela 3 – Parâmetros dendrométricos de cafeeiros e grevilea em sistema agroflorestal orgânico e convencional, nos municípios de Ibicara e Barra do Choça, Bahia.

<i>Coffea arabica</i>										
Parâmetros	SAF orgânico					SAF convencional				
	Min. (%)	Máx. (%)	Média (%)	s	CV (%)	Min. (%)	Máx. (%)	Média (%)	s	CV (%)
D_b(cm)	4,80	7,10	5,71	0,62	10,94	1,68	8,20	4,24	1,53	36,08
D_m(cm)	2,60	4,65	3,39	0,59	17,35	1,13	3,56	2,54	0,55	21,85
D_t(cm)	0,50	1,80	0,93	0,33	35,09	0,50	1,55	0,80	0,25	31,66
d (cm)	2,70	4,15	3,34	0,39	11,79	1,14	4,18	2,53	0,69	27,25
Ht(m)	2,03	3,20	2,64	0,27	10,24	2,50	3,40	2,97	0,49	16,66

<i>Grevillea robusta</i>										
Parâmetros	SAF orgânico					SAF convencional				
	Min (%)	Máx. (%)	Média (%)	s	CV (%)	Min. (%)	Máx. (%)	Média (%)	s	CV (%)
DAP	12,50	32,60	22,88	11,90	29,96	28,65	48,06	38,58	6,89	17,87
Hc	6,30	13,30	10,66	2,83	26,51	11,35	16,90	15,36	1,99	12,98
Ht	8,87	14,80	12,78	2,61	20,42	13,50	19,70	17,79	2,09	11,75

Min.: mínimo; Máx.: máximo; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; D_b: diâmetro da base; D_m: diâmetro a 50% da altura; D_t: diâmetro do topo; d: diâmetro médio; DAP: diâmetro à altura do peito; Hc: altura comercial e Ht: altura total.

Após o corte das plantas, estas foram inicialmente desfolhadas (Figura 3A e C). As folhas foram ensacadas e pesadas. Posteriormente, as plantas foram desganhadas para separação de galhos finos e grossos (Figura 2B e D). O caule do cafeeiro, o tronco e galhos grossos da grevilea foram seccionados e pesados. Para a pesagem relativa à massa verde em campo, foi utilizada uma balança digital portátil (BS0187, Starhouse fish, China), com capacidade máxima de 50 kg e precisão de 10 g.



Figura 3 – Separação dos compartimentos do cafeeiro (A). Galhos do cafeeiro (B). Separação dos compartimentos da grevilea (C). Galhos da grevilea (D).

A determinação da biomassa seca de cada compartimento foi realizada de maneira diferenciada. Amostras de cerca de 200 g foram retiradas das folhas, galhos finos de ambas as espécies, galhos grossos e miscelânea do cafeeiro. Além disso, discos com aproximadamente 5,0 cm de espessura foram tomados em três níveis do comprimento do caule do café: 0% (base do caule); 50% (meio) e 100% (topo) (Figura 4B). Adicionalmente, a amostra do tronco da espécie arbórea foi composta por discos de aproximadamente 2,5 cm, retirados em cinco níveis: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de sua altura comercial (Figura 4A).

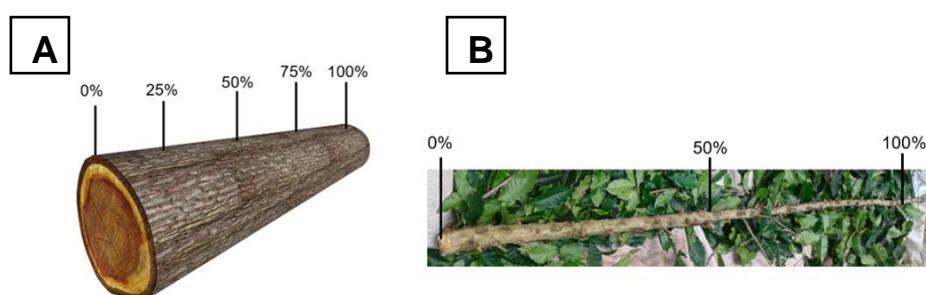


Figura 4 – Representação da amostragem do tronco de grevilea (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial) (A) e caule de cafeeiro (0%, 50% e 100% da altura total) (B).

A avaliação da biomassa de serapilheira acumulada na superfície do solo foi realizada em uma única coleta, em seis pontos por parcela (Figura 5), abaixo da copa dos cafeeiros e/ou grevilea, totalizando 24 pontos por sistema. Com o auxílio de uma moldura de ferro de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m²), foram recolhidos todos os resíduos vegetais contidos em seu interior. Após a coleta da serapilheira, o material foi homogeneizado e pesado para a obtenção de sua massa fresca. Em seguida, retirou-se uma sub-amostra de 200 g, conforme metodologia descrita por Sanquetta (2002) e Cotta et al. (2008).

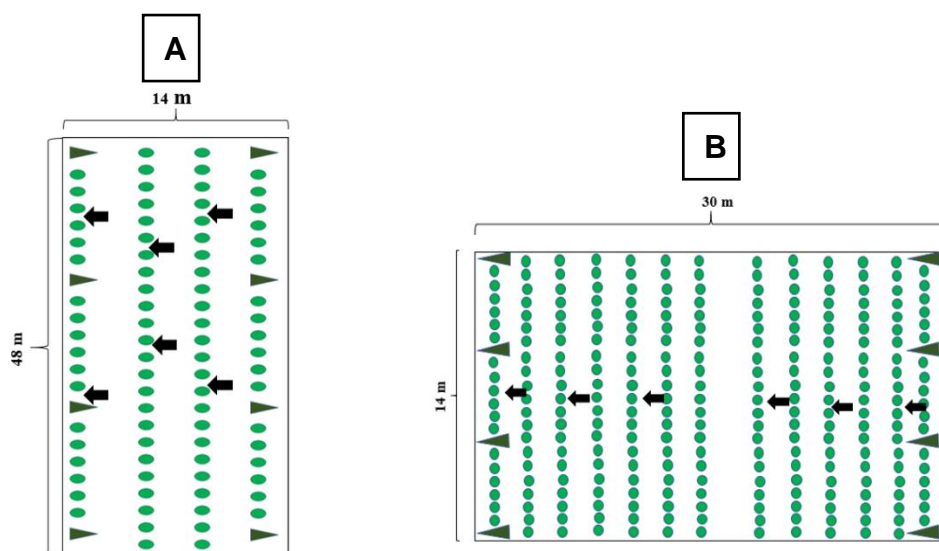


Figura 5 – Sistematização da coleta de serapilheira nas parcelas. A: SAF orgânico (Ibicoara, BA); B: SAF convencional (Barra do Choça, BA). As setas indicam o ponto de coleta.

3.5 Biomassa abaixo do solo

A biomassa radicular foi determinada por meio de trincheiras correspondentes a 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m), considerando-se um limite de 0,5 m de profundidade para os cafeeiros e 1 m² (1 m x 1 m), e um limite de 1 m de profundidade para as grevílias (Figura 6).



Figura 6 – Escavações do sistema radicular de café (A) e grevília (B).

Os sistemas radiculares, de ambas as espécies, foram fracionados em raiz pivotante e raízes secundárias. Posteriormente, retirou-se o excesso de terra das raízes com auxílio de escovas. A massa fresca total das raízes foi obtida em campo de forma similar à massa fresca acima do solo. Em seguida, foram retiradas e pesadas com auxílio de balança de precisão de 2 g, amostras de 200 g de raízes secundárias dos cafeeiros. Em relação às grevílias, seis discos, de aproximadamente 3 cm de espessura, constituíram a amostra de raízes secundárias.

As amostras das raízes pivotantes, de cafeeiros e grevúleas, foram compostas por três discos de aproximadamente 3 cm de espessura, retirados a 0%, 50% e 100% de seu comprimento.

3.6 Determinação de biomassa seca

Depois de coletadas e pesadas as amostras frescas de todos os compartimentos das grevúleas, cafeeiros e da serapilheira, estas foram acondicionadas em sacos de papel, levadas ao laboratório e mantidas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até estabilização da massa seca.

A determinação da biomassa seca foi obtida segundo Cotta et al. (2008) e Sanquetta et al. (2014), por meio do fator de correção de umidade (Equação 1):

$$B(c) = \frac{Mf(c) \times Ms(a)}{Mf(a)} \quad (1)$$

$B(c)$ = biomassa seca do compartimento (kg);

$Mf(c)$ = massa fresca do compartimento (kg);

$Ms(a)$ = massa seca da amostra do compartimento, (kg);

$Mf(a)$ = massa fresca da amostra do compartimento, (kg).

3.7 Biomassa de casca da grevúlea

As amostras de casca foram retiradas nas mesmas porções onde os discos foram retirados para amostragem do tronco, a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial.

A porcentagem de massa seca da casca foi obtida pela relação entre o peso seco da casca e do disco, conforme Equação 2:

$$\%Casca(D) = \frac{Ms(C)}{Ms(Dcc)} \times 100 \quad (2)$$

$\%Casca (D)$ = Percentual de massa seca da casca do disco (%);

$Ms (C)$ = massa seca da casca (kg);

$Ms (Dcc)$ = massa seca do disco com casca (kg).

A biomassa total da casca por árvore foi estimada pelo produto da porcentagem

de massa seca da casca pela massa seca do tronco (Equação 3):

$$Bc(T) = \%MédiaCasca \times Msc(\text{tronco}) \quad (3)$$

$Bc(T)$ = biomassa total da casca do tronco (Kg);

$\%Média Casca$ = percentual médio de peso seco da casca dos discos (kg);

$Msc(Tronco)$ = massa seca do tronco com casca (kg).

3.8 Carbono no solo

No centro de cada parcela de ambos os sistemas de manejo, trincheiras (1 x 1 x 1,5 m) foram abertas entre as linhas das culturas (Figura 7). A coleta do solo foi realizada em cinco profundidades (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-100 cm), resultando em 20 amostras por sistema.

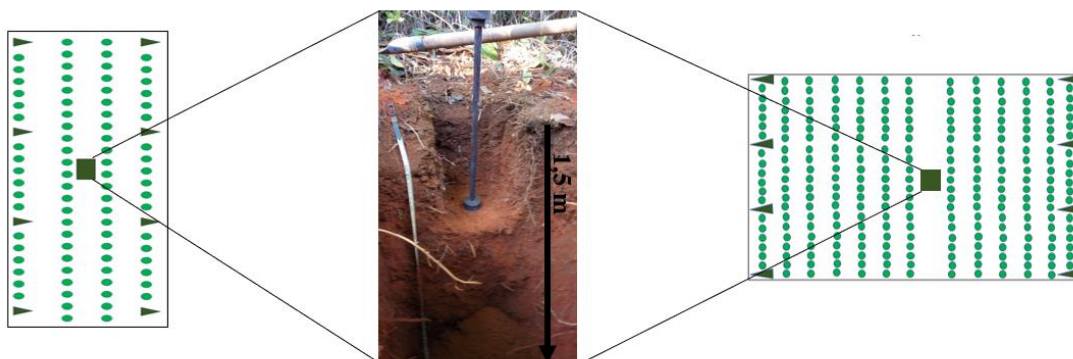


Figura 7 – Localização da trincheira dentro das parcelas.

Um fragmento de mata nativa foi utilizado como referência para cada sistema analisado. Os fragmentos ficam próximos aos sistemas de cultivo de café. Foram delimitadas quatro parcelas (20 x 20 m) e a coleta de solo procedeu-se de forma semelhante ao sistema cafeeiro x grevilea.

Amostras de solo de cada profundidade foram passadas em peneira de 2 mm e submetidas à análise granulométrica pelo método da pipeta (TEIXEIRA et al., 2017) (Tabela 4).

Tabela 4 – Atributos físicos dos solos, a 100 cm, sob SAFs de café orgânico, no município de Ibicoara-BA, e convencional, no município de Barra do Choça-BA.

Profundidade	Frações Granulométricas (g kg ⁻¹) e Densidade do solo (g cm ⁻³)				
	SAF ORG	REF. 1	SAF CV	REF. 2	
0-10 cm	Areia	332,23	259,81	551,85	537,79
	Silte	375,00	321,90	256,77	292,62
	Argila	292,78	418,30	191,38	169,58
	Ds	0,84	0,86	0,97	0,93
10-20 cm	Areia	304,95	257,60	487,87	526,48
	Silte	346,59	345,85	362,80	269,42
	Argila	348,46	396,54	149,34	204,10
	Ds	0,87	0,89	1,12	0,98
20-40 cm	Areia	264,47	254,78	491,11	437,01
	Silte	277,79	351,45	357,09	357,57
	Argila	457,74	393,78	151,79	205,42
	Ds	0,86	0,89	1,00	1,01
40-60 cm	Areia	255,05	232,85	433,77	389,33
	Silte	254,56	323,54	376,71	395,54
	Argila	490,39	443,61	189,52	215,13
	Ds	0,88	0,85	0,94	0,91
60-100 cm	Areia	259,85	204,82	383,84	359,87
	Silte	333,50	269,45	381,08	442,71
	Argila	406,66	525,73	235,08	197,41
	Ds	0,92	0,83	1,01	0,89

SAF ORG: Sistema agroflorestal de café (manejo orgânico); SAF CV: Sistema agroflorestal de café (manejo convencional); REF.1 e REF. 2: Floresta nativa de referência.

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (TEIXEIRA et al., 2017), a partir do peso das amostras indeformadas de solo de cada profundidade, coletadas em anel de volume interno conhecido (52,02 cm³), após secagem em estufa a 105 °C por 48 h (Tabela 4).

A partir da Equação 4, obteve-se a densidade do solo.

$$D = \frac{m}{v} \quad (4)$$

D = densidade do solo (g cm⁻³);

m = massa do solo contida dentro do anel (g), depois de seco em estufa e;

v = volume do anel (cm³).

Para a caracterização química do solo, nos SAFs e nas respectivas áreas de referência, foram coletadas 20 amostras simples para formar as amostras compostas, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (Tabela 5).

Tabela 5 – Caracterização química dos solos, a 40 cm, sob sistemas agroflorestais de café orgânico e convencional, e florestas nativas (áreas de referência).

Áreas	Camada cm	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	SB	t	T	V	m
		H ₂ O	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						%			
SAF ORG.	0-20	5,9	20	0,56	5,2	2,0	0,1	3,7	7,8	7,9	11,6	67	1
Ref. 1	0-20	4,3	1	0,10	0,5	0,6	2,3	9,8	1,2	3,5	13,3	9	66
SAF ORG.	20-40	5,1	2	0,13	1,3	0,8	0,4	4,8	2,2	2,6	7,4	30	15
Ref. 1	20-40	4,5	1	0,08	0,3	0,1	1,8	6,2	0,5	2,3	8,5	6	79
SAF CV.	0-20	4,5	25	0,15	2,8	1,1	1,5	13,5	4,1	5,6	19,1	21	27
Ref. 2	0-20	4,3	1	0,05	0,4	0,6	3,2	11,8	1,1	4,3	16,1	7	75
SAF CV.	20-40	4,6	6	0,10	1,0	0,6	1,6	9,3	1,7	3,3	12,6	14	48
Ref. 2	20-40	4,6	1	0,05	0,2	0,2	1,8	6,2	0,5	2,3	8,5	5	80

SB: Soma de bases trocáveis; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; m: Saturação por Alumínio.

O estoque de carbono foi calculado para cada profundidade a partir da Equação 5:

$$ECS = Tcs \times Ds \times Ec \quad (5)$$

ECS = estoque de carbono do solo;

Tcs = teor de carbono no solo (g kg⁻¹);

Ds = Densidade do solo (g cm⁻³) e;

Ec = Espessura da camada de solo (cm).

Os dados foram corrigidos de acordo com a espessura da camada de solo. Ellert e Bettany (1995) sugerem que a espessura da camada de solo pode sofrer compactação pelo manejo adotado quando sistemas naturais são convertidos. Para isso, deve-se considerar a espessura da camada de solo de referência (Ead/sub) (Equação 6).

$$Ead/sub = ((Mref.-Mtrat.) / Ds) / 100 \quad (6)$$

Ead/sub = espessura da camada a ser adicionada ou subtraída no cálculo do estoque (cm);

Mref. = massa de solo na respectiva camada da referência (Mg ha⁻¹);

Mtrat. = massa de solo na respectiva camada no tratamento (Mg ha⁻¹);

Ds = densidade do solo (g/cm³).

3.9 Determinação do teor de carbono

As determinações dos teores de carbono, nos diferentes compartimentos das plantas de café e grevilea, serapilheira e solo foram realizadas pelo método de combustão via seco, empregando-se o analisador elementar (C-144, LECO, Saint Joseph, USA).

O estoque de carbono foi calculado pela multiplicação entre o teor de C dos compartimentos e seus respectivos valores de biomassa (Equação 8).

$$ESTc = \%C \times Biomassa \quad (8)$$

ESTc = estoque de carbono do compartimento (Mg C);

%C = Teor de carbono do compartimento (%);

Biomassa = Biomassa do compartimento (Kg).

A quantificação da biomassa total dos sistemas foi obtida levando-se em consideração a densidade de plantas por hectare.

3.10 Respiração basal do solo

A taxa de respiração basal foi estimada através da quantificação de CO₂ liberado do solo durante um período de sete dias de incubação, pela adaptação do método originalmente proposto por Jenkinson e Powlson (1976).

Nas parcelas anteriormente estabelecidas, em cada sistema e em suas respectivas áreas de referência, coletaram-se 20 amostras simples de solo para formar uma composta da camada de 0-10 cm. As amostras recém coletadas foram peneiradas em malha de 2 mm e pré-incubadas por três dias em recipiente contendo um béquer com água e outro com NaOH 1 mol L⁻¹ para eliminar o efeito do peneiramento e promover a estabilização do solo quanto à respiração. As amostras foram analisadas com umidade em torno de 60% da capacidade de campo, não havendo necessidade de saturação das mesmas.

As unidades experimentais foram constituídas de recipientes de vidro de 2,5 L, contendo três frascos (béquer de 50 ml) com 50 g de solo, 10 mL de NaOH 1 mol L⁻¹ e outro com o mesmo volume de água (Figura 8). As amostras foram analisadas em duplicata, mantidas em local isento de luminosidade e com temperatura ambiente.

Foram utilizados dois recipientes sem solo como controle.



Figura 8 – Recipientes utilizados para a incubação, juntamente com a amostra de solo e seus respectivos béqueres contendo NaOH e água.

Após o período de incubação, o CO₂ capturado foi quantificado através da titulação da solução de NaOH com HCL 0,5 mol L⁻¹, utilizando-se fenolftaleína 1% (m/v) como indicador (Figura 9).



Figura 9 – Ponto estequiométrico da volumetria de neutralização ácido-base.

3.11 Análise estatística

A análise estatística descritiva foi empregada para caracterizar os estoques de biomassa e carbono dos sistemas estudados.

O estoque de carbono no solo e a taxa de CO₂ liberada foram comparados pelo teste “t” de student para amostras independentes, levando-se em consideração os dados das áreas de referência.

Para a realização das análises estatísticas e plotagem dos gráficos, foram utilizados o programa estatístico livre R (R CORE TEAM, 2018), Microsoft Excel 2016 e SigmaPlot (versão 12.0).

3.11.1 Ajuste de modelos

Para melhor compreender a relação entre o estoque de biomassa e carbono, com as variáveis dendrométricas dos cafeeiros, aplicou-se a correlação de Pearson, considerando significância de 5% de probabilidade de erro.

Posteriormente, foram testados modelos alométricos disponíveis na literatura para predição do estoque de biomassa individual dos cafeeiros (Tabela 6). Os modelos que apresentam o diâmetro como variável independente foram testados para quatro variações de diâmetros mensurados neste estudo (D_b , D_m , D_t e d).

O modelo sugerido por Van Noordwijk et al. (2002) para café recepado foi utilizado exclusivamente para os dados oriundos do SAF convencional.

Foram ajustados 34 modelos para biomassa total, folhas, galhos, miscelânea, copa, caule, parte aérea e raízes do cafeeiro do SAF orgânico e 37 para o SAF convencional. Considerou-se, entretanto, apenas aqueles que continham coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) \geq a 0,60 em cada situação.

O critério de seleção para a escolha dos melhores modelos foi o valor ponderado (VP) dos escores dos parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro-padrão da estimativa em sua forma absoluta e percentual (S_{yx}), valor F, critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação bayesiano (BIC). As análises estatísticas foram ordenadas de acordo com a sua valoração, sendo atribuído peso 1 para a equação com melhor ajuste, 2 para a segunda e assim sucessivamente (*ranking*), como sugerido por Thierch (1997).

Após essa classificação individual, efetuou-se o somatório da pontuação para cada modelo, sendo a equação de menor VP considerada com desempenho superior. Nos casos de empate no VP, para designar o melhor modelo adotou-se como critério de desempate o maior R^2_{aj} . Adicionalmente, para os 4 melhores modelos de cada compartimento, foi realizada a análise gráfica dos resíduos visando identificar a existência de possíveis tendências.

Nos modelos em que a variável dependente sofreu transformação logarítmica, o erro padrão foi corrigido na escala original, para possibilitar a comparação com os

modelos aritméticos. Desta forma, multiplicou-se a biomassa seca pelo fator de correção de Meyer:

$$\text{Fator de Meyer} = 10^{1,1513S_{yx}^2}$$

S_{yx} = erro padrão da estimativa.

Tabela 6 – Modelos matemáticos propostos para a estimativa de biomassa dos cafeeiros.

Modelo	Equação	Fonte
1	$Y = \beta_0 + \beta_1 Db$	Segura et al. (2006)
2	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dm$	
3	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dt$	
4	$Y = \beta_0 + \beta_1 d$	
5	$Y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2$	Andrade et al. (2016)
6	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2$	
7	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dt + \beta_2 Dt^2$	
8	$Y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	
9	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db)$	Segura et al. (2006)
10	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	
11	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dt)$	
12	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	
13	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Ht)$	
14	$Y = \beta_0 + \beta_1 Db^2$	Andrade et al. (2016)
15	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2$	
16	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dt^2$	
17	$Y = \beta_0 + \beta_1 d^2$	
18	$Y = \beta_0 + \beta_1 (Db^2 Ht)$	
19	$Y = \beta_0 + \beta_1 (Dm^2 Ht)$	
20	$Y = \beta_0 + \beta_1 (Dt^2 Ht)$	
21	$Y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 Ht)$	
22	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	Segura et al. (2006)
23	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	
24	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dt) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	
25	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	
26	$Y = \beta_0 + \beta_1 Db^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (Db Ht)$	Andrade et al. (2016)
27	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (Dm Ht)$	
28	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dt^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (Dt Ht)$	
29	$Y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (d Ht)$	
30	$Y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2 + \beta_3 Db^3$	Van Noordwijk et al. (2002)
31	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2 + \beta_3 Dm^3$	
32	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dt + \beta_2 Dt^2 + \beta_3 Dt^3$	
33	$Y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	
34	$Y = \beta_0 * Db^{\beta_1}$	
35	$Y = \beta_0 * Dm^{\beta_1}$	
36	$Y = \beta_0 * Dt^{\beta_1}$	
37	$Y = \beta_0 * d^{\beta_1}$	

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes da equação; Db: Diâmetro da base; Dm: Diâmetro a 50% da altura, d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teor de carbono

Para o presente estudo, o teor de carbono de cafeeiros e grevélias foi mantido abaixo da estimativa proposta pelo IPCC, de 50% de C em relação à biomassa seca (índice utilizado na estimativa de teores de C a partir da biomassa em modelos para as diversas espécies) (Tabelas 7 e 8). De acordo Thomas e Martin (2012), o teor de C de espécies tropicais pode atingir o valor máximo de 51,5%, entretanto este é inferior ao registrado para espécies subtropicais e temperadas, em que os valores se mantêm em patamar mais elevado (60,7 a 55,6%, respectivamente).

Tabela 7 – Análise descritiva dos teores de carbono por compartimento de cafeeiros arábica conduzidos em sistema agroflorestal orgânico no município de Ibicoara, Bahia, e convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

<i>Coffea arabica</i>										
Compart.	SAF orgânico					SAF convencional				
	Min. (%)	Máx. (%)	Média* (%)	s	CV (%)	Min. (%)	Máx. (%)	Média* (%)	s	CV (%)
Folhas	44,08	47,53	46,06a	0,92	2,00	43,44	46,86	45,64a	0,98	2,14
Galhos F.	46,35	48,32	47,36a	0,60	1,27	45,74	48,85	47,42a	0,90	1,91
Galhos G.	46,88	49,52	48,04a	0,57	1,19	45,93	49,39	47,46b	0,86	1,82
Caule	45,64	48,99	47,28a	0,79	1,67	46,83	49,52	47,70a	0,69	1,45
Misc.	46,11	53,15	48,47a	1,64	3,38	45,47	49,71	48,06a	1,06	2,20
Raiz P.	49,13	50,73	49,86a	0,48	0,97	48,66	50,87	49,71a	0,62	1,24
Raízes S.	45,75	48,32	47,06b	0,78	1,65	46,91	51,43	49,24a	1,25	2,54
Biom total	46,96	48,00	47,52a	0,29	0,60	47,12	48,65	47,71a	0,35	0,72

Misc: miscelânea; Min.: mínimo; Máx.: máximo; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. *Valores seguidos de mesma letra na comparação entre médias de SAF orgânico e SAF convencional não diferem pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Quando se utiliza o valor genérico de 50%, a acurácia das estimativas de estoques de carbono é questionada em vários estudos relacionados à determinação dos teores deste elemento (SANQUETTA, 2002; FANG et al., 2010; THOMAS e MARTIN, 2012). Embora as variações percentuais sejam discretas, tais diferenciais podem afetar a estimativa do estoque de carbono do sistema (LAMLOM e SAVDIGE, 2003).

Resultados semelhantes referentes aos teores de carbono dos SAFs estudados foram registrados por Coltri (2012) (47,5% a 50% para cultivos de café a pleno sol e sombreado).

Para a comparação entre os sistemas de manejo, quando se analisou o componente arbóreo, maiores valores de concentração de carbono foram verificados para o SAF convencional (49,02%), quando comparado ao SAF orgânico (47,34%) (Tabela 8). Entretanto, não apenas o manejo, mas a espécie, órgão analisado, localização geográfica, condições edáficas e climáticas do local de ocorrência determinam o teor de carbono (YEBOAH, 2011; WANG et al., 2015). Para plantios de *Grevillea robusta* (25 anos), em Karnal, Norte da Índia, foram determinados teores de C variando de 42,1% a 49,5% entre os compartimentos estudados (JANGRA et al., 2010). Geo (2013) verificou valor médio de 46,58% em grevéilas com idade de 20 anos, cultivadas em Kerala, Índia.

Tabela 8 – Análise descritiva dos teores de carbono por compartimento de árvores de *Grevillea robusta* conduzidas em sistema agroflorestal orgânico no município de Ibicoara, Bahia, e convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

<i>Grevillea robusta</i>										
Compart.	SAF orgânico					SAF convencional				
	Min (%)	Máx. (%)	Média* (%)	s	CV (%)	Min. (%)	Máx. (%)	Média* (%)	s	CV (%)
Folhas	45,83	47,71	46,81b	0,56	1,20	45,96	50,93	48,64a	1,87	3,85
Galhos F.	45,75	47,18	46,55b	0,58	1,25	47,95	49,36	48,76a	0,52	1,08
Galhos G.	45,84	47,45	46,52b	0,53	1,13	47,37	49,39	48,25a	0,71	1,47
Troncos/c**	46,66	47,85	47,22b	0,43	0,91	48,74	50,74	50,17a	0,71	1,41
Casca	48,15	50,60	49,19a	0,87	1,77	49,52	50,43	49,97a	0,27	0,54
Raiz P.	47,22	49,87	48,65a	0,84	1,73	30,78	52,45	45,52b	8,55	18,78
Raízes S.	47,51	49,49	48,33a	0,75	1,55	45,01	51,47	49,54a	2,09	4,21
Biom. total	47,04	47,72	47,34b	0,23	0,48	47,41	50,34	49,02a	0,96	1,96

**s/c: sem casca; Min.: mínimo; Máx.: máximo; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação. *Valores seguidos de mesma letra na comparação entre médias de SAF orgânico e SAF convencional não diferem pelo teste t, a 5% de probabilidade.

No SAF convencional, a idade das árvores amostradas foi de 21 anos, sendo mantidas em arranjo em renques (30x3m); no SAF orgânico, o abate foi realizado em plantas com nove anos, dispostas em espaçamento homogêneo (8x12m).

A relação entre idade das árvores e o teor de carbono está vinculada à contribuição do lenho juvenil e lenho maduro nas árvores. O lenho juvenil é caracterizado por maior teor de lignina, tendo impacto positivo no teor de carbono. Embora nas árvores mais jovens a proporção de lenho juvenil seja maior, Yeboah (2011) associou o efeito da elevação dos teores de carbono às árvores de maior idade devido à maior contribuição do lenho juvenil, nas porções mediana e apical.

Para a porção mediana e apical da parte aérea, as concentrações de lignina

são mais elevadas quando comparadas à parte inferior devido à maior ocorrência do lenho juvenil nas porções superiores (LAMLLOM e SAVDGE, 2003). Para a relação entre teor de carbono e idade das árvores há relatos de decréscimos (LACHOWICZ et al., 2018, em *Betula pendula*, entre 30 e 70 anos), elevação (BRADFORD e KASTENDICK, 2010, para pinus, entre 5 a 160 anos; CHENG et al., 2015, para *Zanthoxy lumbungeoanum*, entre um e seis anos; SISWANTO et al., 2017, para árvores de *Theobroma cacao* entre 5 a 30 anos) e nenhuma manifestação desta interação (KUMAR et al., 2010, para eucalipto com idade entre 6 a 20 anos; ZHANG et al., 2017, para *Jughans regia*, entre 1 a 13 anos).

Embora a densidade das grevéleas tenha sido semelhante, o arranjo das árvores foi delineado em renques para o SAF convencional e em espaçamentos regulares para SAF orgânico, o que definiu potenciais de competitividade distintos. Para o arranjo em renques, o menor espaçamento na linha entre plantas (três metros) induziu a uma competição intraespecífica por luz, água e nutrientes, restringindo a taxa de crescimento relativo das árvores.

Muchiri et al. (2002) verificaram redução da taxa de crescimento de grevéleas (avaliada por meio do diâmetro à altura do peito) quanto maior a competitividade entre os indivíduos, fato que foi acentuado pela idade. De maneira geral, menores taxas de crescimento relativo estão associadas ao maior teor de carbono, devido à competitividade pela sacarose entre as rotas biossintéticas de celulose, hemicelulose e lignina (NOVAES et al., 2010). Maiores taxas de crescimento estariam relacionadas a um intensivo direcionamento de sacarose para celulose ou hemicelulose, fato que determinaria maior potencial de crescimento, restringindo a disponibilidade deste precursor para a biossíntese de lignina.

Para o presente estudo, a funcionalidade do componente arbóreo no SAF convencional, como quebra-vento, pode estar associada à maior concentração de carbono das grevéleas. Na associação com cafeeiros, o principal aspecto da introdução das grevéleas, principalmente no Planalto da Conquista, foi condicionado à função de quebra-vento (SANTOS et al., 2000, PEZZOPANE et al., 2011; SOARES et al., 2016). A relação entre o efeito da incidência de ventos e a elevação do teor de lignina foi verificada em diversos estudos (CIPOLLINI Jr, 1997; GRACE, 1998; BRAZ et al., 2014; DRANSKI et al., 2015; MARCHIN et al., 2017). Embora seja descrita a completa ausência de lignina nas fibras gelatinosas desenvolvidas em lenho de tensão (lenho de reação das angiospermas (GARDINER et al., 2016), Scurfield e Wardrop

(1962) verificaram a presença de lignificação em fibras gelatinosas de grevéleas.

Na análise da parte aérea do componente arbóreo (*Grevillea robusta*), tanto no SAF orgânico como no SAF convencional, menores teores de carbono foram identificados para a copa (galhos e folhas) e maiores valores ocorreram para troncos e cascas (Tabela 8). De modo semelhante ao presente estudo, Salgado-Mora et al. (2018) verificaram menores teores de carbono na copa quando comparados ao tronco das principais árvores associadas aos cafeeiros em Soconusco, região localizada em Chiapas, México.

Foi verificada diferença entre o teor de carbono das raízes na comparação entre SAF orgânico e SAF convencional (Tabela 8). Diferenciais do desenvolvimento e morfologia do sistema radicular que ocorrem devido a fatores como espécie, idade, propriedades do solo, variáveis climáticas e competitividade intraespecífica podem afetar o teor de carbono (TOBIN et al., 2007; SOCHACKI et al., 2017). Rocha et al. (2017) verificaram redução dos teores de carbono das raízes quando se elevou a densidade de acácias de 625 árvores ha⁻¹ para populações semelhantes ou superiores a 1250 árvores ha⁻¹ (44,69% para 41,98%, respectivamente).

O teor de carbono nas raízes pivotantes de grevéleas conduzidas em SAF convencional foi inferior quando comparadas ao SAF orgânico (Tabela 8). A maior competitividade devido ao arranjo das árvores é uma possível explicação para este resultado. A densidade populacional das grevéleas foi semelhante nos SAFs orgânico e convencional (104 e 111 árvores ha⁻¹), respectivamente.

Para o presente estudo, o arranjo do SAF orgânico (8x12m) foi relacionado à menor competitividade entre os sistemas radiculares do elemento arbóreo devido à homogeneidade de distribuição destas na área de cultivo, quando comparado ao SAF convencional (30x3m). Ghezehei et al. (2015), em estudo realizado sobre sistemas com densidades de plantio de pinhão manso semelhantes, mas com diferentes arranjos, verificaram elevação da competitividade na população de árvores, quando dispostas em linhas triplas, em relação aos delineamentos em linhas duplas e simples.

No presente estudo, embora os arranjos das grevéleas tenham sido diferenciados, a densidade das árvores foi semelhante, não afetando o teor de carbono dos cafeeiros. Para os dois sistemas, os teores de carbono dos cafeeiros foram semelhantes (47,52% e 47,71%, respectivamente para o SAF orgânico e SAF convencional) (Tabela 7).

De maneira geral, o carbono destinado à estrutura das plantas é pouco afetado

pelos fatores ambientais (POORTER e BONGERS, 2006). Quando se analisa o teor de carbono dos cafeeiros arábica, tanto o sistema de cultivo (HERGOUALC'H et al., 2012) como as cultivares (LEITE et al., 2015) são fatores de baixo impacto, ocorrendo influência mais acentuada em comparação entre os diferentes compartimentos da planta (HERGOUALC'H et al., 2012).

O teor de carbono de galhos grossos dos cafeeiros foi superior para o SAF orgânico em comparação ao SAF convencional (Tabela 7). A menor densidade de plantio associada à distribuição de luz homogênea no SAF orgânico foi um fator relacionado a este efeito. O menor adensamento de cafeeiros resulta em menor competição entre plantas, potencializando o desenvolvimento dos componentes da copa, principalmente galhos (PEREIRA et al., 2011; SAKAY et al., 2015).

Resultado contrário foi verificado quando se avaliou o teor de carbono nas raízes secundárias, sendo observados maiores valores para o SAF convencional em relação ao SAF orgânico (Tabela 7). Devido à recepa, o sistema radicular do SAF convencional tinha idade superior ao SAF orgânico. Cafezais mais velhos possuem sistemas radiculares mais desenvolvidos e estáveis, possibilitando uma maior mobilização de reservas (DEFRENET et al., 2016).

Para o SAF orgânico e o convencional, o maior teor de carbono dos cafeeiros foi verificado para a raiz pivotante e os menores ocorreram nas folhas (Tabela 7). De modo semelhante, Hergoualc'h et al. (2012) verificaram que o teor de carbono foi mais elevado nas raízes principais, quando comparado à parte aérea dos cafeeiros com 10 anos de idade, cultivados na região dos Vales Centrais da Costa Rica, tanto em monocultura quanto associados a ingazeiras.

Coltri (2012) não verificou diferenças do teor de carbono entre os compartimentos dos cafeeiros arábica conduzidos a pleno sol e associados a macadâmias, cultivados no Norte do estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais.

4.2 Estoque de biomassa e carbono

Para o SAF orgânico e o convencional, a maior quantidade de carbono foi quantificada na parte aérea das grevileas (85% e 84%) e cafeeiros (80,6% e 74,6% do total).

De maneira geral, a contribuição das raízes, dos cafeeiros e grevileas, variou entre 15 e 25% da biomassa total. Essa representatividade ratifica a importância

desse compartimento como reservatório de biomassa e carbono nesse tipo de sistema. Esses resultados corroboram os dados apresentados por Ravindranath e Ostwald (2008), que relataram a biomassa de raízes de perenes representando em média cerca de 20 a 26% da biomassa total.

Ao se avaliar o estoque de biomassa e carbono, por planta, dos cafeeiros, foram encontrados maiores valores no SAF orgânico em relação ao SAF convencional (Tabela 9).

Devido à densidade de cafeeiros no SAF convencional ter sido superior ao SAF orgânico, o maior autossombreamento associado à presença das árvores restringiu a disponibilidade de luz, reduzindo a capacidade fotossintética e, conseqüentemente, limitando o estoque de biomassa e carbono dos cafeeiros, quando avaliados individualmente.

Sob sombreamento moderado (30 a 50%), a redução da incidência luminosa, atenuação da temperatura do ar e da velocidade dos ventos resultam em maior vigor dos cafezais (COLTRI et al., 2019). Entretanto, sob intensa restrição de luz, a capacidade fotossintética dos cafeeiros é limitada, comprometendo o desenvolvimento da cultura (RODRÍGUEZ-LOPEZ et al., 2014). Segundo Morais et al. (2008), em cafezais arábica sombreados é necessária a incidência de 50% de radiação solar para o pleno vigor produtivo da cultura.

Tabela 9 – Análise descritiva do estoque de biomassa seca e carbono (kg planta⁻¹) de *Coffea arabica* e *Grevillea robusta*, conduzidos em SAF orgânico, no município de Ibicoara, Bahia, e convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

<i>Coffea arabica</i> – Biomassa												
Compart.	SAF orgânico						SAF convencional					
	Min	Máx	Méd*	(%)	s	CV (%)	Min	Máx	Méd *	(%)	s	CV (%)
Folhas	0,54	1,63	0,98a	15,9	0,28	28,4	0,02	2,55	0,73b	17,3	0,48	65,11
G. F.	0,41	1,91	1,07a	17,4	0,46	43,11	0,02	1,1	0,50b	11,9	0,26	52,46
G. G.	0,37	1,79	1,07a	17,4	0,36	34,17	0,00	1,19	0,32a	7,6	0,27	83,34
Caule	1,08	2,57	1,81a	29,4	0,49	26,93	0,13	5,41	1,55a	36,7	1,44	92,97
Misc.	0,02	0,43	0,07a	1,10	0,11	153,3	0,00	0,31	0,10a	2,4	0,09	97,01
Raiz P.	0,37	1,22	0,68a	11,0	0,22	32,19	0,04	1,8	0,74a	17,5	0,39	52,11
Raízes S.	0,25	0,82	0,48a	7,8	0,17	34,8	0,02	0,68	0,28b	6,6	0,15	53,54
Biom.Total	3,36	9,0	6,16a	100	0,28	28,4	0,25	10,2	4,22b	100	2,31	54,67

<i>Coffea arabica</i> – Carbono												
Compart.	SAF orgânico						SAF convencional					
	Min	Máx	Méd*	(%)	s	CV (%)	Min	Máx	Méd*	(%)	s	CV (%)
Folhas	0,25	0,77	0,45a	15,4	0,13	28,71	0,01	1,17	0,33b	16,3	0,22	65,15
G. F.	0,20	0,9	0,51a	17,1	0,22	42,8	0,01	0,52	0,15b	11,9	0,12	52,41
G. G.	0,18	0,86	1,07a	17,4	0,18	34,37	0,00	0,58	0,50b	7,5	0,13	85,8
Caule	0,51	1,22	0,86a	29,4	0,23	27,31	0,06	2,58	0,74a	36,6	0,69	92,97
Misc.	0,01	0,2	0,04a	1,4	0,05	150,73	0,00	0,15	0,05a	2,5	0,04	96,64
Raiz P.	0,18	0,6	0,34a	11,6	0,11	32,14	0,02	0,9	0,37a	18,3	0,19	52,19
Raízes S.	0,12	0,38	0,23a	7,9	0,08	34,66	0,01	0,33	0,14b	6,9	0,07	53,34
Biom.Total	1,58	4,26	2,93a	100	0,79	27,1	0,12	4,84	2,02b	100	1,1	54,51

<i>Grevillea robusta</i> – Biomassa												
Compart	SAF orgânico						SAF convencional					
	Min	Máx	Méd*	(%)	s	CV(%)	Min	Máx	Méd	(%)	s	CV (%)
Folhas	7,08	27,5	18,20b	7,9	6,78	37,23	12,3	84,4	43,00a	5,0	23,2	53,9
G. F.	7,01	41,7	18,77b	8,1	11,9	63,27	47,9	138	103,7a	12,0	34,1	32,91
G. G.	40,6	95,2	40,46b	17,5	28,8	71,17	58,0	287	157,2a	18,2	74,5	47,39
Tronco**	18,1	206	105,5b	45,7	66,8	63,32	173,0	631	365,0a	42,1	166	45,43
Casca	2,88	26,6	14,42b	6,2	8,43	58,46	26,7	88	52,20a	6,0	20,6	39,45
Raiz P.	5,68	49,7	21,91b	9,5	13,9	63,3	34,9	215	89,40a	10,3	61,3	68,54
Raiz S.	3,01	19,0	11,71b	5,1	6,51	55,64	13,1	189	55,43a	6,4	62,7	113,2
Biom.Total	54,3	416	231,0b	100	134	57,85	413	1285	865,9a	100	335	38,7

<i>Grevillea robusta</i> – Carbono												
Compart	SAF orgânico						SAF convencional					
	Min	Máx	Méd*	(%)	s	CV(%)	Min	Máx	Méd	(%)	s	CV (%)
Folhas	3,3	12,9	8,52b	7,8	3,17	37,15	6,27	41,9	20,90a	4,9	11,5	54,88
G F.	3,24	19,7	8,76b	8,0	5,6	63,87	23,7	66,2	50,45a	11,9	16,3	32,34
G.G.	4,94	44,5	18,82b	17,2	13,4	71,37	27,9	136,0	75,80a	17,9	35,5	46,81
Tronco**	8,44	97,8	49,86b	45,6	31,7	63,47	86,1	320,0	183,5a	43,3	84,5	46,06
Casca	1,46	13,2	7,08b	6,5	4,17	58,97	13,3	44,0	26,10a	6,1	10,2	39,3
Raiz P.	2,76	24,4	10,66b	9,7	6,8	63,79	18,3	112,0	40,95a	9,7	32,9	80,28
Raízes S.	1,46	9,31	5,67b	5,2	3,17	55,84	6,5	85,0	26,51a	6,3	28,1	105,87
Biom. total	25,6	197	109,4b	100	63,4	57,93	206	647	424,2a	100	165	38,81

Misc: miscelânea; GF: galho fino; GG: galho grosso; **: sem casca; Min.: mínimo; Máx.: máximo; Méd: média; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

*Valores seguidos de mesma letra na comparação entre médias de SAF orgânico e SAF convencional não diferem pelo teste t, a 5% de probabilidade.

No SAF convencional, com maior densidade de plantas em relação ao SAF orgânico, foram verificadas alterações de crescimento, como a maior altura e redução dos diâmetros (Tabela 3). O aumento em altura com o adensamento do plantio foi observado por Carvalho et al. (2006), Martinez et al. (2007) e Pereira et al. (2011), que concluíram que a redução do espaçamento de cultivo tende a aumentar a competição por luz, o que estimula maior comprimento do caule da planta.

Foram verificados efeitos sobre outros parâmetros biofísicos do cafeeiro, como a redução do diâmetro da base do caule, comprimento e diâmetro da copa e número de ramos plagiotrópicos, em comparação a cultivos menos adensados (PEREIRA et al., 2011). De acordo com Rodriguez-Lopes et al. (2014), a efetividade das alterações morfológicas (plasticidade morfológica) promoveu menor impacto no acúmulo de biomassa dos cafeeiros sombreados do que os fatores relacionados à fisiologia da planta (fotossíntese).

Para o SAF orgânico e o convencional, o maior estoque de biomassa e carbono foi verificado no caule. No SAF orgânico, o padrão de distribuição dos estoques de biomassa e carbono nos diferentes compartimentos foi similar ao observado na literatura, classificados em ordem decrescente de proporção: caule>galhos>folhas>raízes>frutos (SEGURA et al., 2006; SILVA et al., 2013; COLTRI et al., 2015; NEGASH e KANNINEN, 2015). Entretanto, no SAF convencional, a elevação da proporção relativa da raiz pivotante e folhas e redução dos galhos resultou em alteração deste padrão para caule> raiz pivotante> folhas> galhos finos> galhos grossos> raízes secundárias> miscelânea (Tabela 9).

Cafeeiros arábica, quando submetidos a baixos níveis de radiação, apresentam aumento na área foliar individual, redução da massa seca e número de folhas (MORAIS et al., 2003; COELHO et al., 2010; RICCI et al., 2013), menor acúmulo de biomassa nos galhos em comparação à biomassa das folhas e redução de ramos plagiotrópicos (PEREIRA et al., 2011). Sob essas condições, ocorre abscisão das folhas dos ramos do terço inferior ao longo do ciclo da planta e, posteriormente, há morte e abscisão dos ramos (ARAÚJO et al., 2008).

A miscelânea (flores e frutos) pouco contribuiu para a biomassa total dos cafeeiros devido à época em que foram realizadas as avaliações (Tabela 9). Em ambos os sistemas, a coleta não coincidiu com o período de produção do café, culminando, assim, em uma menor representatividade desse compartimento.

Na avaliação do componente arbóreo, foram observados maiores estoques de

biomassa e carbono por planta (865,9 kg planta⁻¹ e 424,2 Mg ha⁻¹) no SAF convencional em comparação ao SAF orgânico (231 kg planta⁻¹ e 109,4 Mg ha⁻¹) (Tabela 9).

O crescimento das árvores pode ser modulado por vários fatores, incluindo a herança genética, idade, condições ambientais, práticas de manejo e através da interação entre estes mecanismos (FRITZSONS et al., 2014). O espaçamento é considerado um dos fatores mais impactantes para o crescimento em diâmetro e volume de madeira individual de espécies arbóreas, tendo influência semelhante no acúmulo de biomassa e carbono destas (KALINGANIRE, 1996; BENOMAR et al., 2012; REGINA, 2016).

Para a *Grevillea robusta*, ocorre relação inversa entre as taxas de crescimento secundário (diâmetro) e a densidade de plantio, independentemente da idade da árvore (MUCHIRI et al., 2002; REGINA, 2016). Entretanto, não ficou evidenciado o impacto da competitividade entre as grevíleas no SAF convencional, imposto pelo arranjo (menor distância entre plantas), no estoque de biomassa e carbono desta espécie, mediante a grande diferença entre as idades (12 anos) do componente arbóreo entre os sistemas estudados.

No SAF orgânico, o acúmulo de biomassa e carbono, respectivamente, nos diferentes compartimentos da grevílea contou com maior contribuição do tronco sem casca (45,7%, 45,6%), seguido de galhos grossos (17,5%, 17,2%), raiz pivotante (9,5%, 9,7%), galhos finos (8,1%, 8%), folhas (7,9%, 7,8%), casca (6,2%, 6,5%) e raízes secundárias (5,1%, 5,2%) (Tabela 9).

Em relação ao SAF convencional, com exceção dos galhos finos e folhas, foi verificado padrão de contribuição semelhante aos compartimentos da grevílea no SAF orgânico para o estoque total de biomassa e carbono. Neste sistema, o tronco sem casca teve maior acúmulo (42,1, 43,3%), em seguida os galhos grossos (18,2%,17,9%), galhos finos (12%,11,9%), raiz pivotante (10,3%, 9,7%), raízes secundárias (6,5%, 6,3%), casca (6,0%, 6,1%) e folhas (5,0%, 4,9%) (Tabela 9).

Em estudos sobre o acúmulo relativo de biomassa entre os compartimentos da parte aérea de *Grevillea robusta*, em plantios homogêneos, foi observada maior contribuição do tronco, seguida pelos galhos, casca e folhas (GEO, 2013; REGINA, 2016). Quando se considera o sistema radicular, a ordem de contribuição segue a seguinte disposição: tronco > raízes grossas > galhos > raízes finas > folhas (JANGRA et al., 2010).

As diferenças relacionadas à contribuição relativa da biomassa de galhos finos e folhas entre as grevéleas, do SAF orgânico e convencional, foram atribuídas à idade e crescimento secundário desta espécie. Geo (2013) encontrou tendências de redução da produtividade relativa de folhas e incremento da produção de galhos nas maiores classes de diâmetro, em plantios homogêneos de grevélea.

Alguns estudos relatam aumento relativo de biomassa do tronco e consequente redução de biomassa de folhas e galhos em árvores mais velhas (VIEIRA et al., 2012; BRAND et al., 2014; SANQUETTA et al., 2014). Para a grevélea, a biomassa da copa foi maior nas árvores de maior idade.

Foi possível observar redução na proporção de biomassa do tronco das grevéleas no SAF convencional (42,1%) em relação ao SAF orgânico (45,7%), o que foi relacionado a uma maior densidade de árvores na linha de plantio do SAF convencional e maior distribuição de fotoassimilados para outros componentes, como folhas e galhos (GEO, 2013). Em plantios de *Grevillea robusta*, na Argentina, foi observado por Regina (2016) que a biomassa do tronco foi reduzida com o aumento da densidade. Esse mesmo padrão foi caracterizado em plantios de *Eucalyptus globulus* (HENSKENS et al., 2001).

4.3 Serapilheira

Não houve diferença entre os estoques de biomassa e carbono de serapilheira dos sistemas em estudo (Tabela 10).

O estoque de biomassa e carbono da serapilheira está intrinsecamente relacionado ao tipo de tecido vegetal, composição de espécies, estágio sucessional, idade, regime de abscisão foliar, fatores edafoclimáticos, local e época de coleta (CALDEIRA et al., 2013). No presente estudo, a composição dos SAFs analisados foi semelhante, ocorrendo homogeneidade dos estoques. Entretanto é importante ressaltar que essa amostragem única, sob a copa dos cafeeiros, não reflete a dinâmica de aporte e estoque de serapilheira nesses sistemas ao longo de seu desenvolvimento.

Tabela 10 – Estoques de biomassa e carbono da serapilheira em sistemas agroflorestais orgânico, no município de Ibicoara-BA, e convencional, no município de Barra do Choça-BA.

	<i>SAF orgânico</i>					<i>SAF convencional</i>				
	Min.	Máx.	Média*	s	CV (%)	Min.	Máx.	Média*	s	CV (%)
Biomassa	5,29	10,32	7,92 a	2,07	26,12	7,32	8,25	7,78 a	0,44	5,61
Carbono	2,37	4,38	3,44 a	0,84	24,41	3,39	4,05	3,79 a	0,29	7,7

*Valores seguidos da mesma letra, na linha, não diferem pelo teste t, a 5% de probabilidade.

As grevéleas são árvores perenes, com baixa taxa abscisão foliar, sendo pouco vulneráveis aos fatores ambientais (MUTHURI et al., 2005). Desta forma, em SAFs com baixa densidade de árvores, como os do presente estudo, a contribuição das folhas de cafeeiros foi considerada como o principal componente da serapilheira.

O maior adensamento dos cafeeiros do SAF convencional (8.895 plantas ha⁻¹) em relação ao do SAF orgânico (3.333 plantas ha⁻¹) resultou no autossombreamento, fato que estimula a abscisão de galhos e folhas do terço inferior (PEREIRA et al., 2011). Entretanto, fatores positivos do adensamento, como a elevação da eficiência de absorção de nutrientes do solo, atenuam a abscisão foliar, equiparando a serapilheira do SAF convencional ao SAF orgânico (PAULO e FURLANI Jr., 2010).

4.4 Estoque de carbono no solo

Para os SAFs e as áreas de referências, foi verificada redução dos teores de C com o aumento da profundidade das camadas (Tabela 11). Este gradiente de redução em camadas mais profundas do solo foi associado à menor ocorrência da biomassa radicular e menor intensidade de decomposição, que são consideradas as principais vias de entrada de C orgânico (DELGADO et al., 2016; ZHOU et al., 2007).

Não houve diferença entre o estoque de carbono dos SAFs, em todas as camadas até 100 cm de profundidade (Figura 10). Essa homogeneidade dos estoques de C do solo foi associada à semelhança entre os teores de C dos SAFs em todo o perfil de solo analisado (Tabela 11) e a correção dos estoques de acordo a massa de solo das áreas de referência.

A correção aumentou os estoques até 40 cm no SAF orgânico, posto que até essa profundidade as densidades do solo apresentaram tendência de redução em relação à área de referência (Tabela 11). No SAF convencional, com exceção da camada de 40 a 60 cm, as correções reduziram os valores de estoque em todas as

camadas, pois nesse sistema as densidades do solo apresentaram tendência em aumentar quando comparadas à área de referência (Tabela 11).

A densidade do solo no SAF convencional foi superior à do SAF orgânico nas camadas superficiais até 40 cm (Tabela 11). O maior aporte de matéria orgânica promovido pelo manejo orgânico foi um fator que contribuiu para que as menores densidades ocorressem nesse sistema. A matéria orgânica pode melhorar alguns atributos físicos do solo, como a agregação e porosidade, reduzindo sua densidade (NUNES et al., 2010).

Tabela 11 – Teores de carbono no solo em sistemas agroflorestais orgânico, no município de Ibicoara-BA e convencional, no município de Barra do Choça-BA.

Camada	SAF orgânico				SAF convencional			
	Teor de C (g kg ⁻¹)		Densidade (g cm ⁻³)		Teor de C (g kg ⁻¹)		Densidade (g cm ⁻³)	
	SAF	Referência	SAF	Referência	SAF	Referência	SAF	Referência
0-10 cm	40,13Aa*	46,08a	0,84Ba	0,86a	35,44Aa	27,73a	0,97Aa	0,93a
10-20 cm	32,62Aa	41,82a	0,87Ba	0,89a	27,41Aa	22,91b	1,12Aa	0,98b
20-40 cm	21,81Aa	23,05a	0,86Bb	0,89a	21,32Aa	17,28b	1,00Aa	1,01a
40-60 cm	10,97Aa	9,26a	0,88Ba	0,85a	14,68Aa	10,00b	0,94Aa	0,91a
60-100 cm	9,77Aa	6,93b	0,92Ba	0,83b	8,57Aa	6,44a	1,01Aa	0,89b

*Letras maiúsculas iguais na comparação entre os SAFs e letras minúsculas iguais na comparação entre os SAFs e a referência, não diferem entre si pelo teste t, a 5% de probabilidade.

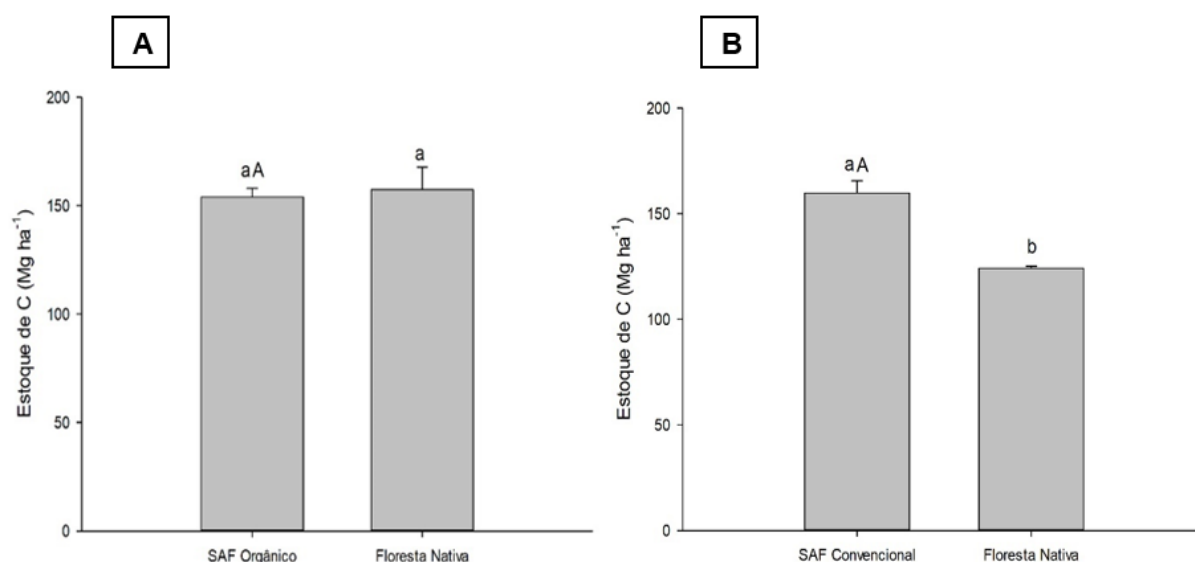


Figura 10 – Estoque de carbono do solo, a 100 cm, em sistemas agroflorestais de café orgânico no município de Ibicoara-BA (A), e convencional, no município de Barra do Choça-BA (B), e respectivas áreas de referência (floresta nativa).

*Letras minúsculas iguais na comparação entre os SAFs e a floresta nativa e letras maiúsculas iguais na comparação entre os SAFs, não diferem entre si pelo teste t, a 5% de probabilidade; as barras verticais representam o desvio padrão.

Um aumento no estoque de carbono no solo é esperado após a aplicação de fertilizantes orgânicos, como relatado em muitas pesquisas (SAINJU et al., 2008; GAMI et al., 2009; HUANG et al., 2010). No entanto, em alguns estudos, nenhuma mudança significativa ou mesmo negativa dos estoques de carbono foi verificada após a aplicação de esterco (FRANZLUEBBERS et al., 2001; ANGERS et al., 2010).

Os estoques de carbono em camadas até 100 cm de profundidade, no SAF orgânico e floresta nativa, não diferiram entre si (Figuras 10 e 11). A equivalência entre os teores de C (com exceção da camada 60-100 cm) e da densidade (com exceção das camadas 20-40 cm e 60-100 cm) do solo no SAF convencional e o solo na área de referência foram associados a esse resultado.

O manejo constituído da aplicação de composto orgânico foi um fator que contribuiu para a elevação dos teores de C no SAF orgânico, resultando no equilíbrio dos estoques. Semelhantemente, não foi verificada diferença entre o estoque de carbono do solo, em cafezais, quando comparados às áreas nativas do cerrado mineiro (BELIZÁRIO et al., 2018).

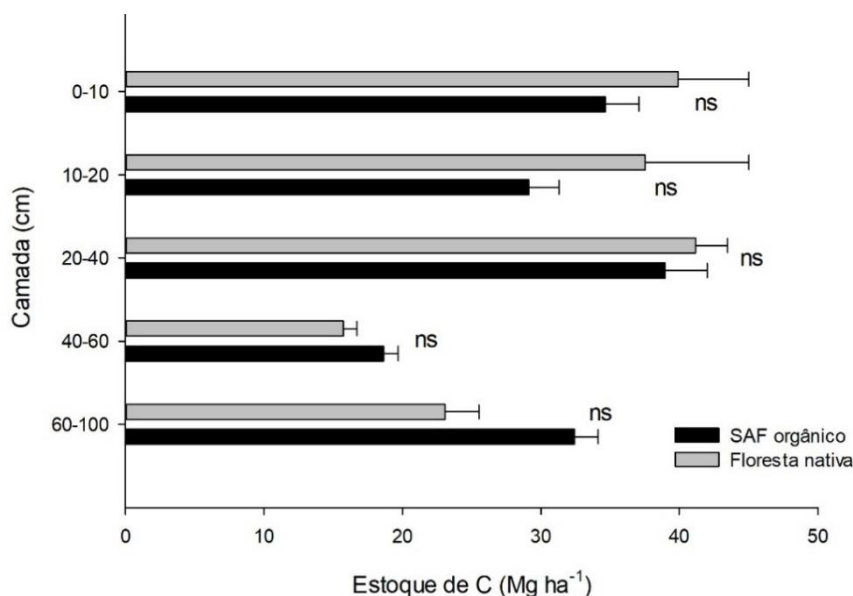


Figura 11 – Estoque de carbono do solo, em diferentes camadas, sob sistema agroflorestal de café orgânico e floresta nativa, em Ibicoara - BA, Brasil. ns: não significativo; as barras verticais representam o desvio padrão.

Os estoques de carbono das camadas, com exceção da camada de 60-100 cm, e em todo o perfil, até 100 cm de profundidade, no SAF convencional, foram superiores aos da floresta nativa (Figuras 10 e 12). Para o presente estudo, foi estimado um incremento de 28,65% de carbono após 21 anos de conversão da floresta nativa em SAF. Este resultado foi associado à superioridade dos teores de C

nas camadas intermediárias (10-60 cm) do SAF convencional em relação à área de referência (Tabela 11).

No SAF convencional, 64,2% do carbono armazenado a 100 cm de profundidade ficou concentrado a 40 cm. Em relação à área de referência, houve um incremento de 23,6% nessa camada. Esse acréscimo de carbono no solo do SAF convencional, especialmente nas camadas superficiais, foi atribuído à adição de material vegetal do cafeeiro e grevilea e à renovação de raízes, visto que o SAF foi implantado há mais de duas décadas.

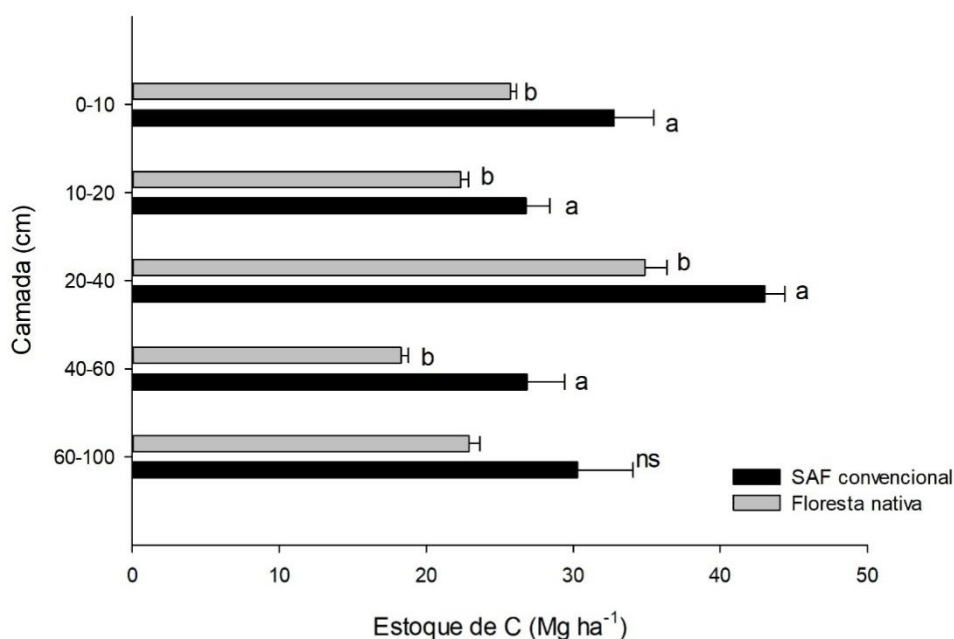


Figura 12 – Estoque de carbono do solo, em diferentes camadas, sob sistema agroflorestal de café convencional e floresta nativa, em Barra do Choça - BA, Brasil. ns: não significativo.

*letras iguais não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade as barras.

Foi observado um estoque médio de carbono de 34,65 Mg ha⁻¹ (SAF orgânico) e 32,77 Mg ha⁻¹ (SAF convencional) nos primeiros 10 cm de solo. A partir de 40 cm de profundidade houve incremento de aproximadamente 31,6% de C no SAF orgânico (Figura 12) e 38,7% no SAF convencional (Figura 14). Conforme Jenkinson e Coleman (2008), geralmente o carbono presente em camadas mais profundas é considerado mais estável do que na superfície, reagindo mais lentamente às mudanças no sistema de uso da terra.

Os SAFs em estudo foram compostos por espécies perenes e apresentavam grande quantidade de resíduo orgânico sobre o solo. Adicionalmente, o revolvimento do solo foi uma prática ausente na condução desses sistemas. Sistemas de manejo

com o mínimo revolvimento do solo proporcionam um aumento da estabilidade de agregados deste (NUNES et al., 2010; COSTA JÚNIOR et al., 2012).

Dentre os mecanismos que controlam a estabilização do carbono no solo, a proteção física, através da oclusão da matéria orgânica dentro dos agregados, dificulta a decomposição desse material (SIX et al., 2004; HONTORIA et al., 2016). Portanto, os sistemas que conciliam maior acúmulo e manutenção dos agregados apresentarão maior efetividade no sequestro e armazenamento do C nos solos (OLIVEIRA, 2016).

A profundidade das camadas de solo avaliadas e os valores de estoque de carbono disponíveis na literatura são heterogêneos. Para a camada de 10 cm (0-10 cm) foram observados estoques variando entre 38 Mg ha⁻¹ e 52 Mg ha⁻¹ (SCHMITT-HARSH et al., 2012; EHRENBARGEROVÁ et al., 2016). Na camada de 0-30 cm, os estoques variaram entre 82 Mg ha⁻¹ a 101 Mg ha⁻¹ e na camada de 0-40 cm, o estoque observado foi de 111 Mg ha⁻¹ (HERGOUALC'H et al., 2012). Esses resultados contrastantes observados na literatura e no presente estudo são relacionados a fatores naturais (clima, solo, relevo, área de cultivo, atividade biológica) e variedade de manejos (espécies, cultivares, espaçamentos, podas, irrigação, tipo de adubo).

4.5 Estoque total de biomassa e carbono

A biomassa seca acumulada nos cafeeiros e grevéias do SAF convencional foi superior ao SAF orgânico (Tabela 12). Em ambos os SAFs, foi observada maior proporção para a espécie arbórea, seguida do cafeeiro e serapilheira (Tabela 12). Em relação ao carbono, verificou-se a mesma tendência, entretanto o solo continha a maior quantidade de carbono em ambos os sistemas (86,20% e 69,89%, respectivamente), seguido da grevéia, cafeeiro e serapilheira (Tabela 12).

Tabela 12 – Estoques de biomassa e carbono totais em sistemas agroflorestais orgânico, no município de Ibicoara - BA, e convencional, no município de Barra do Choça - BA.

	SAF orgânico				SAF convencional			
	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	%	Carbono (Mg ha ⁻¹)	%	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	%	Carbono (Mg ha ⁻¹)	%
<i>Coffea arabica</i>	20,53b*	39,13	9,76b	5,50	37,52a	26,53	17,96a	7,86
<i>Grevillea robusta</i>	24,02b	45,78	11,38b	6,40	96,11a	67,97	47,07a	20,59
Serapilheira	7,92a	15,09	3,44a	1,90	7,78a	5,50	3,79a	1,66
Solo	-	-	153,83a	86,20	-	-	159,72a	69,89
Total	52,47	100	178,41	100	141,41	100	228,54	100

*Letras minúsculas iguais na comparação entre os SAFs não diferem entre si pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Em SAFs de cafeeiros arábica e robusta, na Índia, foi verificado padrão de armazenamento semelhante ao do presente estudo. O solo continha a maior proporção de carbono dos sistemas (49% a 79%), seguido pelas espécies arbóreas (27% a 48%), cafeeiros (1,5% a 5,5%) e serapilheira (0,75% a 1%) (GUILLEMOT et al., 2018).

Como recomendado pelo Protocolo de Kyoto, na maioria dos estudos, os estoques de carbono do solo, em SAFs e monocultivo de café, são avaliados até a profundidade 30-40 cm (GUILLEMOT et al., 2018; EHRENBARGEROVÁ et al., 2016; HERGOUALC'H et al., 2012; SCHMITT-HARSH et al., 2012), considerando-se que as variações em função do preparo do solo e influência de raízes ocorrem principalmente até essa profundidade. Entretanto, Silva et al. (2016) verificaram que o sistema radicular de cafeeiros robusta com idade de 3 a 6 anos exploram o perfil do solo entre 0,9 a 1,0 m de profundidade.

Davis et al. (2018) recomendam como protocolo de amostragem para determinação do estoque de carbono do solo, a sondagem no mínimo a 100 cm, sendo recomendado, em casos particulares, que essa profundidade seja determinada pela zona de exploração das raízes, podendo atingir até 200 cm.

Apesar do baixo teor de C, as camadas subsuperficiais (> 40 cm) contribuem com 20 % a 43 % do estoque total de C no perfil até 1,6 metro de profundidade e, portanto, devem ser consideradas no estudo da dinâmica do estoque de carbono (TONUCCI et al., 2011; MONROE et al., 2016; GUILLEMOT et al., 2018).

Embora o SAF convencional seja 10 anos superior ao SAF orgânico, o estoque de carbono do solo foi semelhante. No SAF convencional houve uma maior homogeneidade na distribuição das raízes no solo e, conseqüentemente, maior atividade destas, fato relacionado à elevação dos estoques de carbono. Entretanto as entradas de matéria orgânica no SAF orgânico potencializaram o estoque de carbono deste sistema, equiparando-o ao SAF convencional.

Sistemas de cultivo de café com maior tempo de implantação podem proporcionar maior acúmulo e manutenção do carbono no solo (ROSSI et al., 2016). No entanto, a quantidade de carbono armazenado no solo depende de outros fatores, como quantidade, qualidade e aplicação de insumos de matéria orgânica (CHENU et al., 2019).

Além disso, foi observado no SAF orgânico taxa de acumulação de carbono

superior ao SAF convencional, 13,98 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 7,60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Altas taxas de acumulação de carbono podem ocorrer durante o período inicial de implantação do SAF e reduzir gradativamente à medida que o solo atinge o equilíbrio (SOMARRIBA et al., 2013; EHRENBARGEROVÁ et al., 2016).

4.6 Respiração basal do solo

Quando a respiração basal do solo (RBS) dos SAFs foi comparada às suas respectivas áreas de referência não foi observada diferença (Tabela 13). Menores amplitudes térmicas no solo, aumento da retenção de água e acúmulo da serapilheira foram condições determinadas pelos SAFs que definiram a igualdade em relação à área de referência (THOMAZINI et al., 2015).

Resultados semelhantes foram observados por Guimarães et al. (2017) para cafeeiros consorciados com espécies arbóreas e *Urochloa* cv. *Decumbens*, no estado de São Paulo. O mesmo foi verificado por Glaeser et al. (2010), na região Centro-oeste do Brasil, para cafeeiros em consórcio com a *Musa* spp., *Acacia* sp. e *Tabebuia* sp.

Tabela 13 – Respiração basal do solo (CO₂ Kg⁻¹ solo h⁻¹) em sistemas agroflorestais orgânico no município de Ibicoara - BA, e convencional, no município de Barra do Choça - BA, e suas respectivas áreas de referência (REF, floresta nativa).

Sistema Agroflorestal Orgânico			REF. 1
Média	1,20Aa*		1,08a
Min.	0,89		0,68
Máx.	1,88		1,33
s	0,30		0,21
CV (%)	25,00		19,59
Sistema Agroflorestal Convencional			REF. 2
Média	0,87Ba		0,91a
Min.	0,65		0,52
Máx.	1,24		1,22
s	0,20		0,26
CV (%)	22,39		28,09

Min.: mínimo; Máx.: máximo; s: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste t, a 5% de significância.

Na comparação entre os SAFs foi verificado que a RBS do SAF orgânico foi superior ao SAF convencional (Tabela 13). A maior RBS do SAF orgânico foi

relacionada ao tipo de manejo, caracterizado pela adição contínua de adubação orgânica ao solo, com conseqüente estimulação da microbiota.

Maiores valores de RBS estão relacionados a uma elevada taxa de mineralização de C, que pode divergir tanto para o efluxo de C do solo para a atmosfera como também para a incorporação deste elemento na biomassa microbiana. Para o presente estudo, considerando a elevada taxa de acúmulo de C no solo do SAF orgânico ($13,98 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em relação ao SAF convencional ($7,60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), há fortes indícios do predomínio de processos de incorporação.

Semelhantemente, foram observados maiores valores de RBS e carbono na biomassa microbiana em sistema de manejo orgânico de cafeeiros robusta e na Floresta Atlântica, em relação ao manejo convencional. Nestes sistemas, as entradas de matéria orgânica foram superiores quando comparados ao sistema de manejo convencional (PARTELLI et al., 2012).

4.7 Ajuste de modelos para estimativa de biomassa em cafeeiros

Para todos os compartimentos da copa do SAF convencional e para folhas, galhos grossos, miscelânea e raízes do cafeeiro do SAF orgânico, não foi possível o ajuste de modelo devido às baixas correlações entre a biomassa dos componentes e as variáveis preditoras (Tabelas 14 e 15). Negash et al. (2013) e Andrade et al. (2016), em estudos anteriores, verificaram que o ajuste de equações para biomassa de folhas e galhos de cafeeiros em sistemas agroflorestais do México e Colômbia indicaram baixos níveis de precisão.

O maior vigor de crescimento da copa dos cafeeiros foi associado ao menor adensamento destes no SAF orgânico. O menor adensamento dos cafeeiros resulta em menor abscisão dos ramos plagiotrópicos inferiores, maior comprimento e diâmetro da copa e maior diâmetro da base do caule, ou seja, maior vigor (PEREIRA et al., 2011).

No presente estudo, o adensamento dos cafeeiros aliado à restrição de luz no SAF convencional, limitou o crescimento da copa, principalmente nos compartimentos dos galhos. É importante ressaltar o efeito do adensamento em elevar a competição das plantas vizinhas, resultando em potencialização da dominância apical, e, desta forma, restrição do desenvolvimento dos galhos (ramos laterais) (SAKAI et al., 2015). Para o SAF orgânico, a maior disponibilidade luminosa induziu a redução da

dominância apical, ocorrendo redistribuição homogênea da biomassa entre os compartimentos caule e galhos, em relação ao SAF convencional (Tabela 9).

Para os SAFs em estudo, a relação entre a biomassa das raízes e as variáveis independentes (diâmetro e altura total) foi condicionada pela dominância apical. No SAF orgânico, a dominância apical reduzida resultou em maior desenvolvimento da copa do cafeeiro, principalmente galhos, quando comparada ao caule. Desta forma, visto que o diâmetro e a altura total são parâmetros inerentes ao compartimento caule, a maior redistribuição de biomassa para os galhos impactou negativamente a correlação entre a biomassa das raízes e as variáveis independentes para os cafeeiros deste sistema (Tabela 14). Por outro lado, no SAF convencional, a intensificação da dominância apical proporcionou um maior desenvolvimento do caule em relação à copa do cafeeiro e, conseqüentemente, potencializou a correlação entre a biomassa das raízes e as variáveis independentes, tornando possível a definição de um modelo para este compartimento (Tabela 15).

Defrenet et al. (2016) observaram que a área basal, como variável independente, impactou positivamente na precisão dos modelos definidos para a estimativa da biomassa de raízes dos cafeeiros. Desta forma, a área basal pode ser considerada uma alternativa viável quando a relação entre a biomassa das raízes e o diâmetro e altura for limitada.

Considerando a classificação determinada pelo VP, o melhor ajuste da relação entre a biomassa de galhos finos (Tabela 16), galhos (galhos finos + galhos grossos) (Tabela 17) e copa (galhos + folhas) (Tabela 19) e as variáveis independentes foi definido pelos modelos propostos por Andrade et al. (2016) (modelos 6, 21 e 29), Segura et al. (2006) (modelos 23 e 25) e os modelos polinomiais de terceira ordem (31 e 33).

Com relação às estimativas de biomassa do caule, parte aérea e total, os modelos de Andrade et al. (2016) (modelos 6, 19 e 21), Segura et al. (2006) (modelos 23 e 25) e o modelo polinomial de terceira ordem (31) foram os mais precisos.

Tabela 14 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis dependentes (biomassa) e as variáveis dendrométricas de cafeeiros em SAFs orgânicos, no município de Ibicoara, Bahia.

	BF	BGF	BGG	BG	BC	BM	BCP	BRP	BRS	BPA	BR	BT
Db	0,44 ^{ns}	0,74 ^{***}	0,48 ^{***}	0,74 ^{***}	0,79 ^{***}	0,60 ^{**}	0,72 ^{***}	0,26 ^{ns}	0,58 ^{**}	0,76 ^{***}	0,49 [*]	0,75 ^{***}
Dm	0,56 ^{**}	0,81 ^{***}	0,51 ^{***}	0,80 ^{***}	0,83 ^{***}	0,34 ^{ns}	0,77 ^{***}	0,12 ^{ns}	0,68 ^{***}	0,80 ^{***}	0,44 [*]	0,78 ^{***}
Dt	0,14 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}
d	0,55 [*]	0,85 ^{***}	0,42 ^{***}	0,78 ^{***}	0,83 ^{***}	0,54 [*]	0,77 ^{***}	0,21 ^{ns}	0,63 ^{**}	0,81 ^{***}	0,49 [*]	0,79 ^{***}
Ht	0,23 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,47 [*]	0,51 [*]	0,52 [*]	0,19 ^{ns}	0,45 [*]	0,03 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,48 [*]	0,17 ^{ns}	0,45 [*]
Db²	0,42 ^{ns}	0,73 ^{***}	0,47 [*]	0,73 ^{***}	0,78 ^{***}	0,62 ^{**}	0,71 ^{***}	0,26 ^{ns}	0,56 ^{**}	0,75 ^{***}	0,49 [*]	0,74 ^{***}
Dm²	0,53 [*]	0,79 ^{***}	0,47 [*]	0,77 ^{***}	0,81 ^{***}	0,32 ^{ns}	0,73 ^{***}	0,10 ^{ns}	0,66 ^{**}	0,77 ^{***}	0,42 ^{ns}	0,75 ^{***}
Dt²	0,20 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,05 ^{ns}
d²	0,52 [*]	0,84 ^{***}	0,41 ^{***}	0,77 ^{***}	0,82 ^{***}	0,55 [*]	0,76 ^{***}	0,20 ^{ns}	0,62 ^{**}	0,79 ^{***}	0,48 [*]	0,77 ^{***}
Ht²	0,23 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,46 [*]	0,51 [*]	0,52 [*]	0,18 ^{ns}	0,45 [*]	0,05 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,48 [*]	0,18 ^{ns}	0,45 [*]
DbHt	0,41 ^{ns}	0,72 ^{***}	0,58 ^{**}	0,78 ^{***}	0,81 ^{***}	0,52 [*]	0,73 ^{***}	0,20 ^{ns}	0,54 [*]	0,77 ^{***}	0,43 ^{ns}	0,75 ^{***}
DmHt	0,54 [*]	0,82 ^{***}	0,59 ^{**}	0,85 ^{***}	0,87 ^{***}	0,35 ^{ns}	0,80 ^{***}	0,11 ^{ns}	0,65 ^{**}	0,84 ^{***}	0,43 ^{ns}	0,80 ^{***}
DtHt	0,17 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,17 ^{ns}
dHt	0,49 [*]	0,82 ^{***}	0,55 [*]	0,83 ^{***}	0,87 ^{***}	0,49 [*]	0,79 ^{***}	0,16 ^{ns}	0,59 ^{**}	0,83 ^{***}	0,43 ^{ns}	0,80 ^{***}
Db²Ht	0,42 ^{ns}	0,75 ^{***}	0,56 [*]	0,79 ^{***}	0,83 ^{***}	0,61 ^{**}	0,75 ^{***}	0,25 ^{ns}	0,56 ^{**}	0,79 ^{***}	0,48 [*]	0,77 ^{***}
Dm²Ht	0,55 [*]	0,84 ^{***}	0,54 [*]	0,84 ^{***}	0,86 ^{***}	0,35 ^{ns}	0,79 ^{***}	0,11 ^{ns}	0,67 ^{***}	0,83 ^{***}	0,44 ^{ns}	0,80 ^{***}
Dt²Ht	0,21 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}
d²Ht	0,52 [*]	0,88 ^{***}	0,51 [*]	0,84 ^{***}	0,89 ^{***}	0,56 [*]	0,81 ^{***}	0,19 ^{ns}	0,63 ^{**}	0,85 ^{***}	0,47 [*]	0,83 ^{***}
Db³	0,39 ^{ns}	0,71 ^{***}	0,46 [*]	0,71 [*]	0,77 ^{***}	0,64 ^{**}	0,69 ^{***}	0,27 ^{ns}	0,55 [*]	0,73 ^{***}	0,49 [*]	0,72 ^{***}
Dm³	0,50 [*]	0,77 ^{***}	0,43 ^{ns}	0,73 ^{***}	0,78 ^{***}	0,30 ^{ns}	0,69 ^{***}	0,09 ^{ns}	0,63 ^{**}	0,74 ^{***}	0,40 ^{ns}	0,71 ^{***}
Dt³	0,24 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,07 ^{ns}
d³	0,50 [*]	0,82 ^{***}	0,39 ^{***}	0,75 ^{***}	0,81 ^{***}	0,56 [*]	0,74 ^{***}	0,19 ^{ns}	0,61 ^{**}	0,77 ^{***}	0,47 [*]	0,76 ^{***}

BF: biomassa de folhas; BGF: biomassa galhos finos; BGG: biomassa galhos grossos; BG: biomassa de galhos (finos + grossos); BC: biomassa do caule; BM: biomassa das miscelânea; BCP: biomassa da copa; BRP: biomassa raiz pivotante; BRS: biomassa raízes secundárias; BPA: biomassa da parte aérea; BT: biomassa total; Db: diâmetro da base; Dm: diâmetro a 50% da altura; Dt: diâmetro do topo; d: diâmetro médio; Ht: altura total; ns: não significativo; *, **, ***: p≤0,05, p≤0,01, p≤0,001, respectivamente.

Tabela 15 – Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis dependentes (biomassa) e as variáveis dendrométricas de cafeeiros em SAFs convencionais, no município de Barra do Choça, Bahia.

	BF	BGF	BGG	BG	BC	BM	BCP	BRP	BRS	BPA	BR	BT
D_b	0,61***	0,14 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,94***	-0,29 ^{ns}	0,47**	0,83***	0,68***	0,92***	0,86***	0,92***
D_m	0,57***	0,49**	0,29 ^{ns}	0,46*	0,62***	-0,01 ^{ns}	0,63***	0,67***	0,66***	0,74***	0,72***	0,75***
D_t	0,24 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,42*	0,44*	0,10***	0,13 ^{ns}	0,43*	0,26 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Ht	0,58***	0,12 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,85***	-0,23 ^{ns}	0,46*	0,81***	0,75***	0,85***	0,87***	0,87***
D	0,63***	0,27 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,87***	-0,21 ^{ns}	0,57**	0,83***	0,74***	0,91***	0,88***	0,92***
D_b²	0,61***	0,03 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,96***	-0,38*	0,39*	0,81***	0,65***	0,91***	0,83***	0,91***
D_m²	0,57***	0,45*	0,25 ^{ns}	0,41*	0,66***	-0,09 ^{ns}	0,60***	0,65***	0,65***	0,76***	0,71***	0,76***
d²	0,65***	0,19 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,92***	-0,30 ^{ns}	0,50***	0,82***	0,71***	0,92***	0,86***	0,92***
Ht²	0,59***	0,06 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,89***	-0,29 ^{ns}	0,42*	0,81***	0,75***	0,87***	0,87***	0,88***
D_bHt	0,62***	0,06 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,96***	-0,34 ^{ns}	0,43*	0,84***	0,71***	0,93***	0,87***	0,93***
D_mHt	0,63***	0,30 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,81***	-0,18 ^{ns}	0,56***	0,78***	0,75***	0,86***	0,84***	0,87***
D_tHt	0,46**	0,33 ^{ns}	0,43*	0,45*	0,45*	-0,01 ^{ns}	0,56***	0,54**	0,71***	0,57***	0,64***	0,60***
dHt	0,64***	0,15 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,93***	-0,29 ^{ns}	0,50**	0,84***	0,76***	0,93***	0,89***	0,93***
D_b²Ht	0,63***	-0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,96***	-0,39*	0,37*	0,80***	0,65***	0,90***	0,83***	0,90***
D_m²Ht	0,62***	0,32 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,79***	-0,21 ^{ns}	0,55**	0,73***	0,70***	0,84***	0,79***	0,84***
D_t²Ht	0,33 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,44*	0,47**	0,24 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,50**	0,38*	0,52*	0,39*	0,46**	0,41*
d²Ht	0,65***	0,11 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,94***	-0,34 ^{ns}	0,46*	0,81***	0,71***	0,92***	0,86***	0,92***
D_b³	0,63***	-0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,95***	-0,41*	0,35 ^{ns}	0,78***	0,62***	0,88***	0,80***	0,88***
D_m³	0,57***	0,42*	0,21 ^{ns}	0,36*	0,67***	-0,16 ^{ns}	0,56***	0,63***	0,63***	0,75***	0,69***	0,75***
D_t³	0,19 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,40*	0,42*	0,06 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,39*	0,24 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,22 ^{ns}
d³	0,65***	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,92***	-0,35 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,79***	0,68***	0,91***	0,83***	0,90***

BF: biomassa de folhas; BGF: biomassa galhos finos; BGG: biomassa galhos grossos; BG: biomassa de galhos (finos + grossos); BC: biomassa do caule; BM: biomassa das miscelânea; BCP: biomassa da copa; BRP: biomassa raiz pivotante; BRS: biomassa raízes secundárias; BPA: biomassa da parte aérea; BT: biomassa total; D_b: diâmetro da base; D_m: diâmetro a 50% da altura; D_t: diâmetro do topo; d: diâmetro médio; Ht: altura total; ns: não significativo; *, **, ***: p≤0,05, p≤0,01, p≤0,001, respectivamente.

A relação entre biomassa observada e estimada e a dispersão dos resíduos em relação à biomassa observada apresentaram tendência semelhante entre os modelos selecionados, com exceção para o compartimento galhos finos. Para os galhos finos, devido à maior homogeneidade da distribuição dos resíduos em relação aos valores de estoque de biomassa, o modelo 33 foi considerado como o de melhor ajuste (Figura 13).

Pela análise do VP, o melhor ajuste para a relação entre a biomassa de galhos (galhos finos + galhos grossos) e copa do cafeeiro (Tabelas 18 e 20) e as variáveis independentes foi definido para os modelos 31 e 6. Entretanto, para os dois compartimentos, os coeficientes do modelo 31 não foram significativos pelo teste t, e desta forma, o modelo 6 foi considerado como o mais adequado.

Considerando a classificação pelo VP, a relação entre a biomassa do caule, parte aérea e total e as variáveis independentes foi definida pelo modelo 25 (Tabelas 19, 21 e 22).

A superioridade dos modelos com transformação logarítmica (Log_{10} - Log_{10}) para as variáveis dependentes e independentes, definidos para biomassa do caule, parte aérea e total dos cafeeiros no SAF orgânico, foi corroborada por estudos anteriores (SEGURA et al., 2006; SEGURA e KANNINEN, 2005).

De maneira geral, a simplicidade de um modelo, com a definição de apenas uma variável independente, é uma maneira de minimizar erros. No entanto, na equação para estimar a biomassa destes compartimentos, a utilização do diâmetro médio (média de D_b , D_m e D_t) e a inclusão de h_t elevaram a precisão das estimativas da biomassa individual dos cafeeiros quando comparada aos demais modelos ajustados.

Tabela 16 – Estimativas dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa de galhos finos de cafeeiro em SAF orgânico, no município de Ibicoara, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$	S_{yx}	AIC	BIC	VP
33	$Y = \beta_0 + \beta_1d + \beta_2d^2 + \beta_3d^3$	77,7339**	-72,2814**	22,1402**	-2,2059**	-	34,35	0,84	17,22	0,184	-5,41	-0,43	22
21	$Y = \beta_0 + \beta_1(d^2Ht)$	-0,4203*	0,0495**	-	-	-	61,33	0,76	21,1	0,2254	1,06	4,05	26
29	$Y = \beta_0 + \beta_1d^2 + \beta_2Ht + \beta_3(dHt)$	4,0197	-0,3197	-3,8458*	1,2228*	-	28,02	0,81	18,79	0,2007	-1,93	3,05	30
25	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(d) + \beta_2\text{Log}(Ht)$	-2,0693**	3,3334**	0,757	-	1,024	34,36	0,78	24,08	0,2573	-32,82	-28,84	34
12	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(d)$	-1,8328**	3,4993**	-	-	1,0259	61,57	0,76	27,41	0,2929	-32,19	-29,2	38
4	$Y = \beta_0 + \beta_1d$	-2,2686**	0,9977**	-	-	-	48,47	0,71	23,05	0,2463	4,6	7,59	44
8	$Y = \beta_0 + \beta_1Dm + \beta_2d^2$	-8,5223*	4,7020*	-0,5414	-	-	28,4	0,74	21,87	0,2337	3,37	7,35	45
27	$Y = \beta_0 + \beta_1Dm^2 + \beta_2Ht + \beta_3(DmHt)$	3,4059*	-0,2332*	-2,8885*	0,8946**	-	19,89	0,75	21,6	0,2308	3,65	8,63	45
31	$Y = \beta_0 + \beta_1Dm + \beta_2Dm^2 + \beta_3Dm^3$	27,5639*	-25,0056*	7,5099*	-0,7193*	-	19,63	0,75	21,72	0,232	3,86	8,84	51
19	$Y = \beta_0 + \beta_1(Dm^2Ht)$	0,0311	0,0330**	-	-	-	44,01	0,69	23,86	0,2549	5,99	8,98	52
10	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(Dm)$	-1,1739**	2,2157**	-	-	1,0391	35,06	0,64	28,22	0,3016	-24,08	-21,1	54
17	$Y = \beta_0 + \beta_1d^2$	-0,5531*	0,1431**	-	-	-	42,97	0,69	24,07	0,2571	6,33	9,32	57
23	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(Dm) + \beta_2\text{Log}(Ht)$	-1,3136**	2,1222**	0,4495	-	1,0403	17,25	0,63	26,58	0,2839	-22,64	-18,65	61
2	$Y = \beta_0 + \beta_1Dm$	-1,0860**	0,6359**	-	-	-	34,69	0,64	25,88	0,2766	9,25	12,24	70
6	$Y = \beta_0 + \beta_1Dm + \beta_2Dm^2$	-4,4513	2,5931	-0,2767	-	-	19,76	0,66	24,99	0,267	8,7	12,68	74
15	$Y = \beta_0 + \beta_1Dm^2$	0,0352	0,0875**	-	-	-	30,4	0,61	27,01	0,2886	10,95	13,93	82

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes de regressão; Dm: diâmetro a 50% da altura, d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} : erro padrão da estimativa absoluto; $S_{yx}\%$: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$, respectivamente.

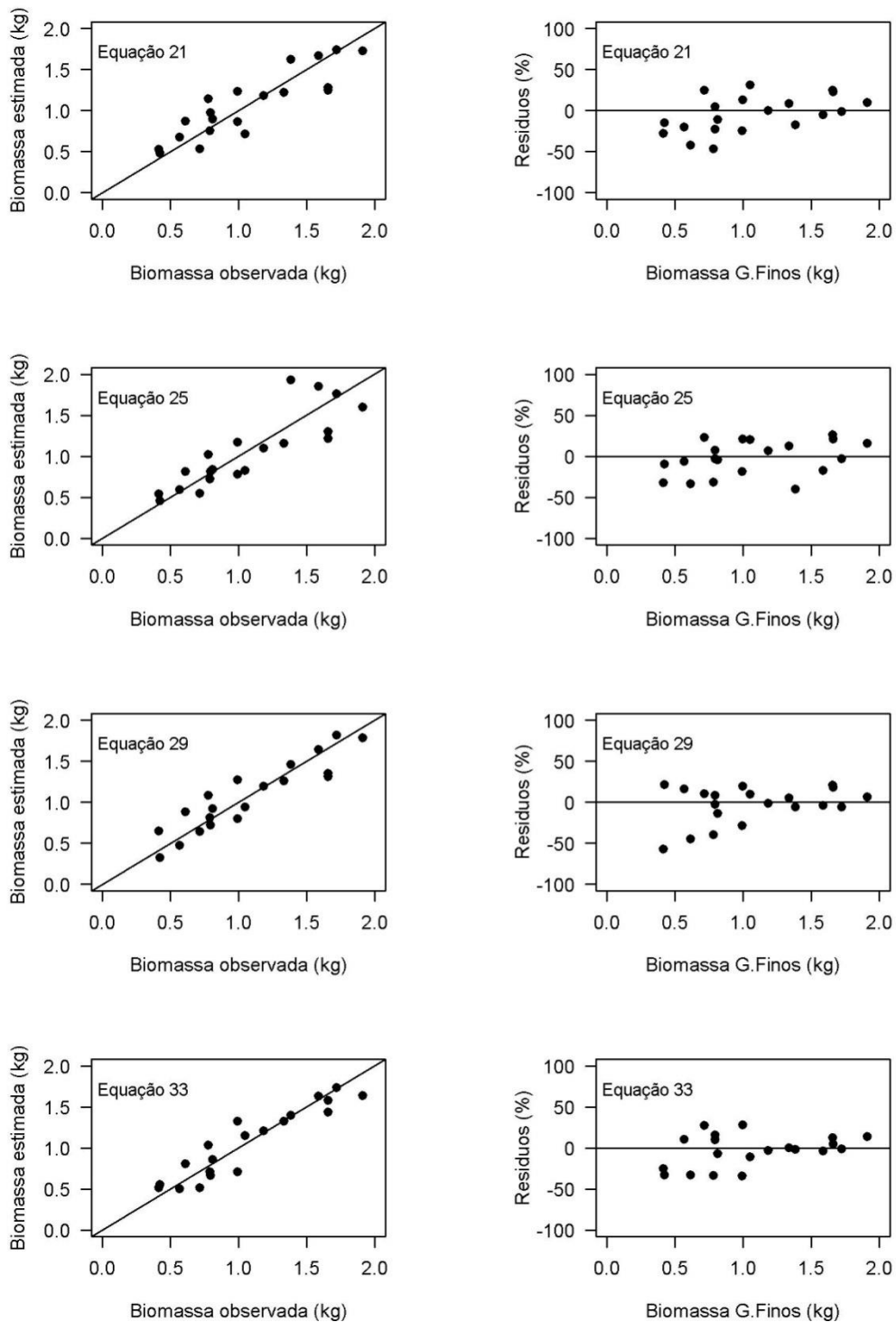


Figura 13 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa de galhos finos de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara, BA.

Tabela 17 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa de galhos (G. finos + G. grossos) de cafeeiro em SAF orgânico, no município de Ibicoara, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R ² _{aj}	S _{yx} %	S _{yx}	AIC	BIC	VP
31	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2 + \beta_3 Dm^3$	22,8885	-22,2592	7,2912	-0,7425	-	22,62	0,77	15,56	0,3225	18,25	23,23	21
6	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2$	-10,1687**	6,2345**	-0,7468**	-	-	28,27	0,74	16,61	0,355	20,08	24,07	24
21	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 Ht)$	-0,03	0,0720**	-	-	-	44,59	0,7	18	0,3848	22,45	25,44	31
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,9123***	1,5118***	1,0111	-	1,0224	20,45	0,67	18,36	0,3924	-34,18	-30,2	34
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (Dm Ht)$	3,4941	-0,2569	-2,9592	1,0553*	-	17,84	0,73	17,09	0,3652	22	26,98	36
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,3681***	2,1757***	1,2808*	-	1,0209	22,51	0,69	22,72	0,4075	-35,56	-31,57	40
19	$y = \beta_0 + \beta_1 (Dm^2 Ht)$	0,5741*	0,0497***	-	-	-	42,13	0,68	18,37	0,3926	23,26	26,24	41
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	116,094*	-107,7670*	33,1300*	-3,3150*	-	16,91	0,72	17,44	0,3727	22,82	27,8	44
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	-0,5981**	1,7222**	-	-	1,0265	30,99	0,61	21,99	0,4699	-31,7	-28,71	46
2	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm$	-1,0844	0,9507**	-	-	-	32,03	0,62	20,14	0,4304	26,93	29,92	57
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (d Ht)$	0,402	-0,052	-1,2012	0,6205	-	14,17	0,68	18,62	0,398	25,45	30,42	60
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-13,5271	7,9194	-0,955	-	-	16,94	0,63	19,97	0,4268	27,45	31,43	66

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes de regressão; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; Syx%: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: p<0,05, p<0,01, p<0,001, respectivamente.

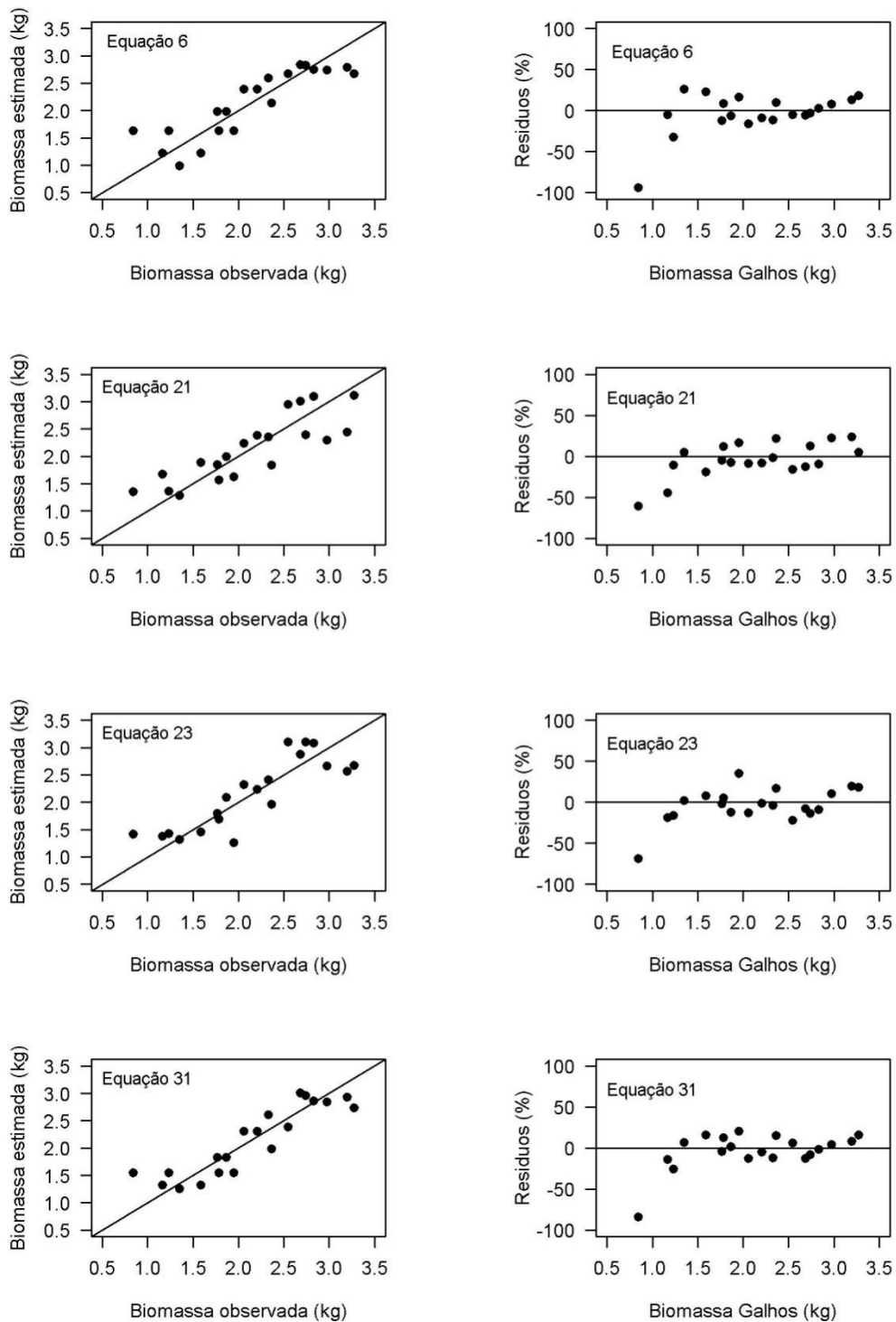


Figura 14 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa de galhos de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara, BA.

Tabela 18 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa do caule de cafeeiro em SAF orgânico, no município de Ibicoara, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$	S_{yx}	AIC	BIC	VP
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(d) + \beta_2\text{Log}(Ht)$	-1,1345**	1,7965**	1,0490**	-	1,0072	44,24	0,82	13,08	0,2374	-56,82	-52,83	12
21	$y = \beta_0 + \beta_1(d^2Ht)$	0,2171	0,0531**	-	-	-	68,14	0,78	12,65	0,2294	1,76	4,75	19
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(Dm) + \beta_2\text{Log}(Ht)$	-0,7482**	1,2148**	0,8445*	-	1,0094	31,9	0,76	13,8	0,2503	-51,49	-47,5	26
19	$y = \beta_0 + \beta_1(Dm^2Ht)$	0,6889**	0,0358**	-	-	-	51,89	0,73	14,04	0,2547	5,95	8,93	34
29	$y = \beta_0 + \beta_1d^2 + \beta_2Ht + \beta_3(dHt)$	-2,4508	0,212	1,4013	-0,2078	-	22,91	0,78	12,75	0,2314	3,74	8,72	37
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(Dm)$	-0,4858**	1,3906**	-	-	1,0125	42,4	0,69	16,02	0,2906	-46,52	-43,53	49
11	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(d)$	-0,8068**	2,0125**	-	-	1,0129	40,89	0,68	16	0,2903	-46,01	-43,03	52
6	$y = \beta_0 + \beta_1Dm + \beta_2Dm^2$	-4,9189*	3,2473*	-0,3616	-	-	25,36	0,72	14,26	0,2588	7,43	11,42	53
27	$y = \beta_0 + \beta_1Dm^2 + \beta_2Ht + \beta_3(DmHt)$	0,0617	0,0182	-0,0582	0,188	-	17,57	0,72	14,16	0,2569	7,93	12,91	58
22	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(Db) + \beta_2\text{Log}(Ht)$	-1,5001**	1,7840**	0,9449*	-	1,0116	24,17	0,71	16,08	0,2917	-47,24	-43,26	60
4	$y = \beta_0 + \beta_1d$	-1,6257**	1,0283**	-	-	-	38,87	0,67	15,43	0,2799	9,72	12,71	61
2	$y = \beta_0 + \beta_1Dm$	-0,5204	0,6889***	-	-	-	39,57	0,67	15,47	0,2807	9,43	12,81	63
31	$y = \beta_0 + \beta_1Dm + \beta_2Dm^2 + \beta_3Dm^3$	1,2077	-2,0335	1,1281	-0,1376	-	16,16	0,71	14,18	0,2573	9,21	14,19	65
18	$y = \beta_0 + \beta_1(Db^2Ht)$	0,2949	0,0173**	-	-	-	38,59	0,66	15,6	0,283	10,17	13,16	72
9	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1\text{Log}(Db)$	-1,3146**	2,0638**	-	-	1,0157	30,34	0,61	17,49	0,3172	-42,07	-39,08	74
17	$y = \beta_0 + \beta_1d^2$	0,1337	0,1482**	-	-	-	37,04	0,65	15,82	0,287	10,73	13,71	79
8	$y = \beta_0 + \beta_1d + \beta_2d^2$	-5,8129	3,5086	-0,3625	-	-	20,32	0,67	15,46	0,2805	10,66	14,64	80
26	$y = \beta_0 + \beta_1Db^2 + \beta_2Ht + \beta_3(DbHt)$	-4,1453	0,1344	2,8382	-0,3947	-	14,27	0,68	15,31	0,2777	11,04	16,02	81
33	$y = \beta_0 + \beta_1d + \beta_2d^2 + \beta_3d^3$	14,9415	-15,0146	5,095	-0,5308	-	13,06	0,66	15,33	0,2781	12,32	17,3	88
15	$y = \beta_0 + \beta_1Dm^2$	0,6992**	0,0944**	-	-	-	33,47	0,63	16,36	0,2968	12,06	15,05	94

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes de regressão; Db: diâmetro da base; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; $S_{yx}\%$: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$, respectivamente.

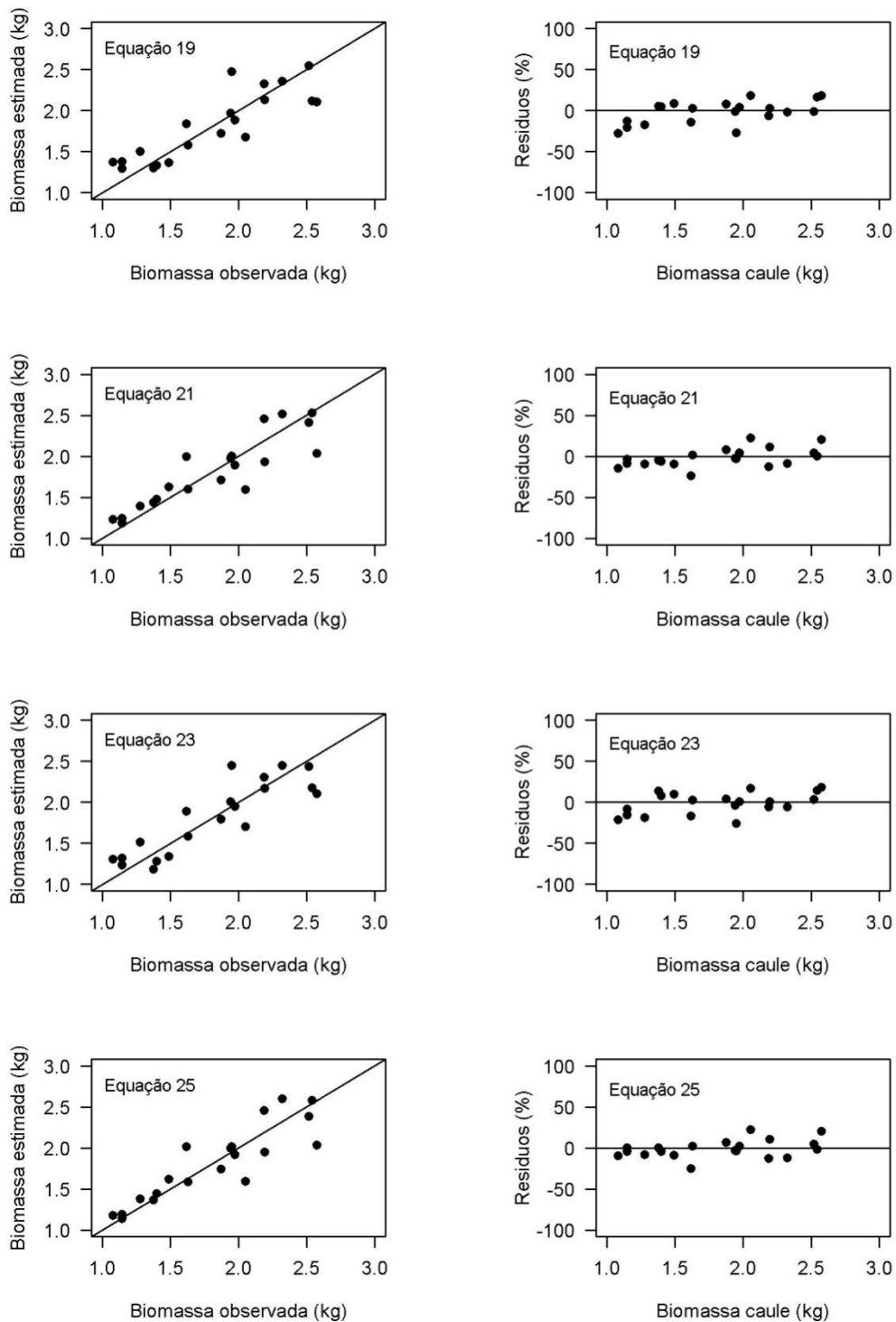


Figura 15 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa do caule de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara, BA.

Tabela 19 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da copa de cafeeiro em SAF orgânico, no município de Ibicoara, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R ² _{aj}	S _{yx} %	S _{yx}	AIC	BIC	VP
31	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2 + \beta_3 Dm^3$	31,432	-30,5677	10,0836	-1,0333	-	17,75	0,73	16,14	0,5148	35,73	40,71	14
6	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2$	-14,5763**	9,0892**	-1,1035**	-	-	22,93	0,7	16,94	0,5404	36,89	40,87	17
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,0028**	2,0456**	0,9954*	-	1,0192	19,82	0,66	18,91	0,6032	-37,27	-33,29	22
21	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 Ht)$	0,2584	0,0974**	-	-	-	34,71	0,64	18,5	0,5901	39,55	42,54	28
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	143,792	-134,288	41,59	-4,1840*	-	14,93	0,69	17,23	0,5495	38,35	43,32	28
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (Dm Ht)$	6,5814	-0,4318	-5,0432	1,6709*	-	12,68	0,65	18,27	0,5828	40,7	45,68	38
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,5647*	1,3892**	0,7594	-	1,0218	16,41	0,62	19,78	0,6311	-34,71	-30,73	39
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-19,827	11,7414*	-1,4341	-	-	16,57	0,62	18,97	0,6051	41,41	45,39	43
19	$y = \beta_0 + \beta_1 (Dm^2 Ht)$	1,1152*	0,0659**	-	-	-	29,82	0,6	19,42	0,6195	41,5	44,48	46
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (d Ht)$	1,5106	-0,0866	-2,053	0,9126	-	10,98	0,61	19,2	0,6124	42,68	47,66	55

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes de regressão; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; Syx%: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: p<0,05, p<0,01, p<0,001, respectivamente.

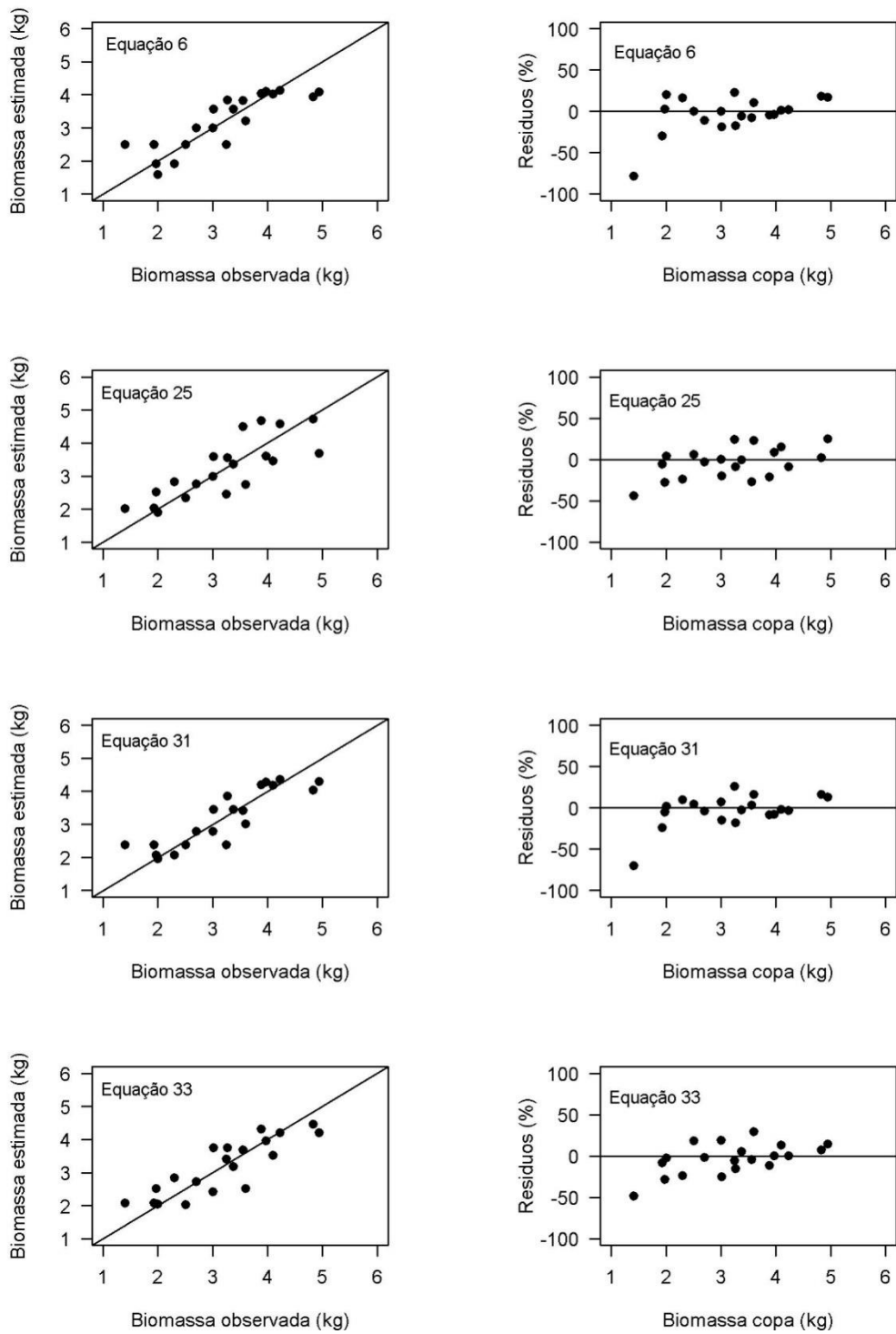


Figura 16 – Biomassa observada *versus* estimadas e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa da copa de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara, BA.

Tabela 20 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da parte aérea de cafeeiro em SAF orgânico, município de Ibicoara, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$	S_{yx}	AIC	BIC	VP
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,7576**	1,9589**	0,9922*	-	1,0122	28,89	0,75	15,69	0,7853	-46,2	-42,21	20
21	$y = \beta_0 + \beta_1(d^2Ht)$	0,4754	0,1505**	-	-	-	48,58	0,71	15,4	0,7705	50,22	53,21	25
6	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2$	-19,4952**	12,3365**	-1,4651*	-	-	27,09	0,73	14,89	0,7452	49,74	53,73	31
31	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2 + \beta_3 Dm^3$	32,6397	-32,6012	11,2117	-1,1709	-	19,44	0,74	14,57	0,7293	49,67	54,65	32
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,3372	1,3274**	0,7677	-	1,0147	22,53	0,69	16,65	0,8391	-42,46	-38,48	41
19	$y = \beta_0 + \beta_1(Dm^2Ht)$	1,8041**	0,1017**	-	-	-	39,84	0,67	16,52	0,8267	53,04	56,03	43
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	-0,0986	1,4872***	-	-	1,017	35,88	0,65	18,78	0,9398	-40,5	-37,51	50
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	158,733	-149,302	46,685	-4,715	-	15,46	0,7	15,91	0,796	53,17	58,15	51
12	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	-0,4477*	2,1633**	-	-	1,017	35,8	0,65	18,68	0,9349	-40,47	-37,48	52
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3(dHt)$	-0,9402	0,1253	-6,517	0,7048	-	15,27	0,69	15,98	0,7996	53,35	58,33	58
4	$y = \beta_0 + \beta_1 d$	-4,8862*	2,9567**	-	-	-	33,93	0,63	17,43	0,8725	55,19	58,18	63
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3(DmHt)$	6,6432	-0,4136	-5,1015	1,8589	-	15,15	0,69	16,03	0,8021	53,47	58,45	64
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-25,64	15,25	-1,797	-	-	19,72	0,66	16,72	0,8369	54,39	58,37	66
2	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm$	-1,6732	1,9706**	-	-	-	32,71	0,63	17,64	0,8829	55,67	58,66	71
22	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,1357**	1,9122**	0,8891	-	1,0183	16,57	0,62	19,02	0,9519	-38,2	-34,22	71
17	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2$	0,2066	0,4232**	-	-	-	30,54	0,61	18,03	0,9024	56,54	59,53	78
18	$y = \beta_0 + \beta_1(Db^2Ht)$	0,7142	0,0488**	-	-	-	29,84	0,6	18,16	0,909	56,83	59,82	84

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes da equação; Db: diâmetro da base; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R^2 : coeficiente de determinação; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; $S_{yx}\%$: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$, respectivamente.

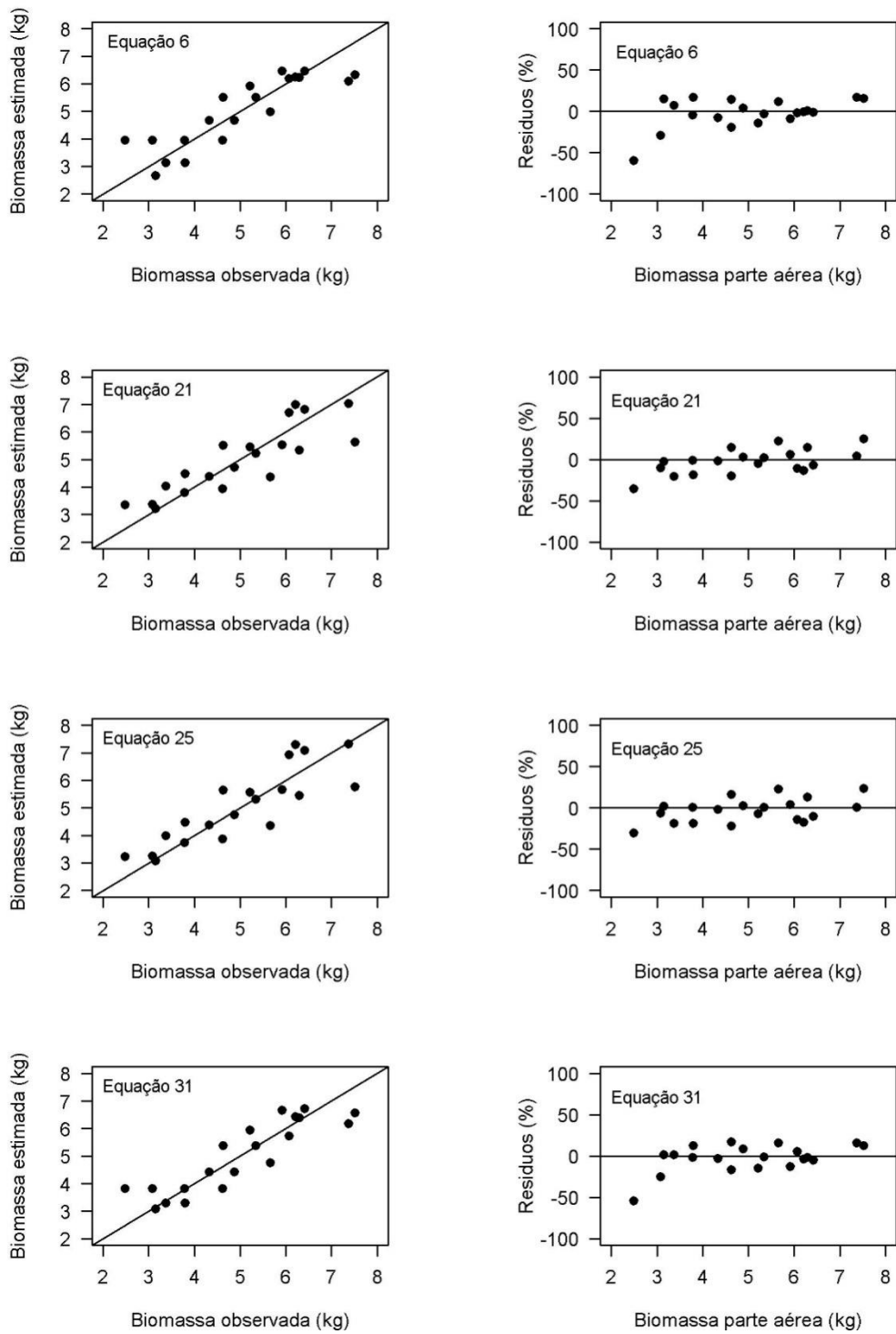


Figura 17 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa da parte aérea de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara, BA.

Tabela 21 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa total de cafeeiro em SAF orgânico, no município Ibicoara, Bahia, 2017.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R ² _{aj}	S _{yx} %	S _{yx}	AIC	BIC	VP
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,5114*	1,8006**	0,8249*	-	1,0124	23,09	0,7	16,25	1,0028	-45,92	-41,93	18
21	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2Ht)$	1,0988	0,1685**	-	-	-	38,81	0,67	15,64	0,9652	59,23	62,22	21
6	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2$	-21,7617*	14,1038**	-1,6816*	-	-	21,66	0,69	15,18	0,9367	58,89	62,88	23
31	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm + \beta_2 Dm^2 + \beta_3 Dm^3$	30,833	-31,23	11,107	-1,181	-	14,87	0,69	15,15	0,9344	59,58	64,56	27
12	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	-0,2537	1,9705**	-	-	1,0155	32,62	0,62	17,98	1,1094	-42,34	-39,35	37
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,1247	1,2191**	0,6191	-	1,0146	18,41	0,65	16,99	1,0484	-42,71	-38,73	38
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	187,07	-175,041	54,595	-5,505	-	13,11	0,66	15,85	0,978	61,4	66,38	40
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	0,0677	1,3480**	-	-	1,0157	31,8	0,62	18,3	1,1291	-42,02	-39,03	42
19	$y = \beta_0 + \beta_1 (Dm^2Ht)$	2,6059**	0,1132**	-	-	-	31,71	0,62	16,72	1,0318	61,9	64,89	47
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-28,178	17,067	-2,006	-	-	16,9	0,63	16,54	1,0208	62,33	66,31	50
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (dHt)$	0,3685	0,0968	-1,3206	0,9246	-	12,11	0,64	16,3	1,0058	62,52	67,5	51
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DmHt)$	0,7619	-0,6175	-1,407	2,5141	-	11,89	0,63	16,4	1,012	62,77	67,75	57

β_0 , β_1 , β_2 , β_3 : Coeficientes de regressão; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; S_{yx}%: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: p≤0,05, p≤0,01, p≤0,001, respectivamente.

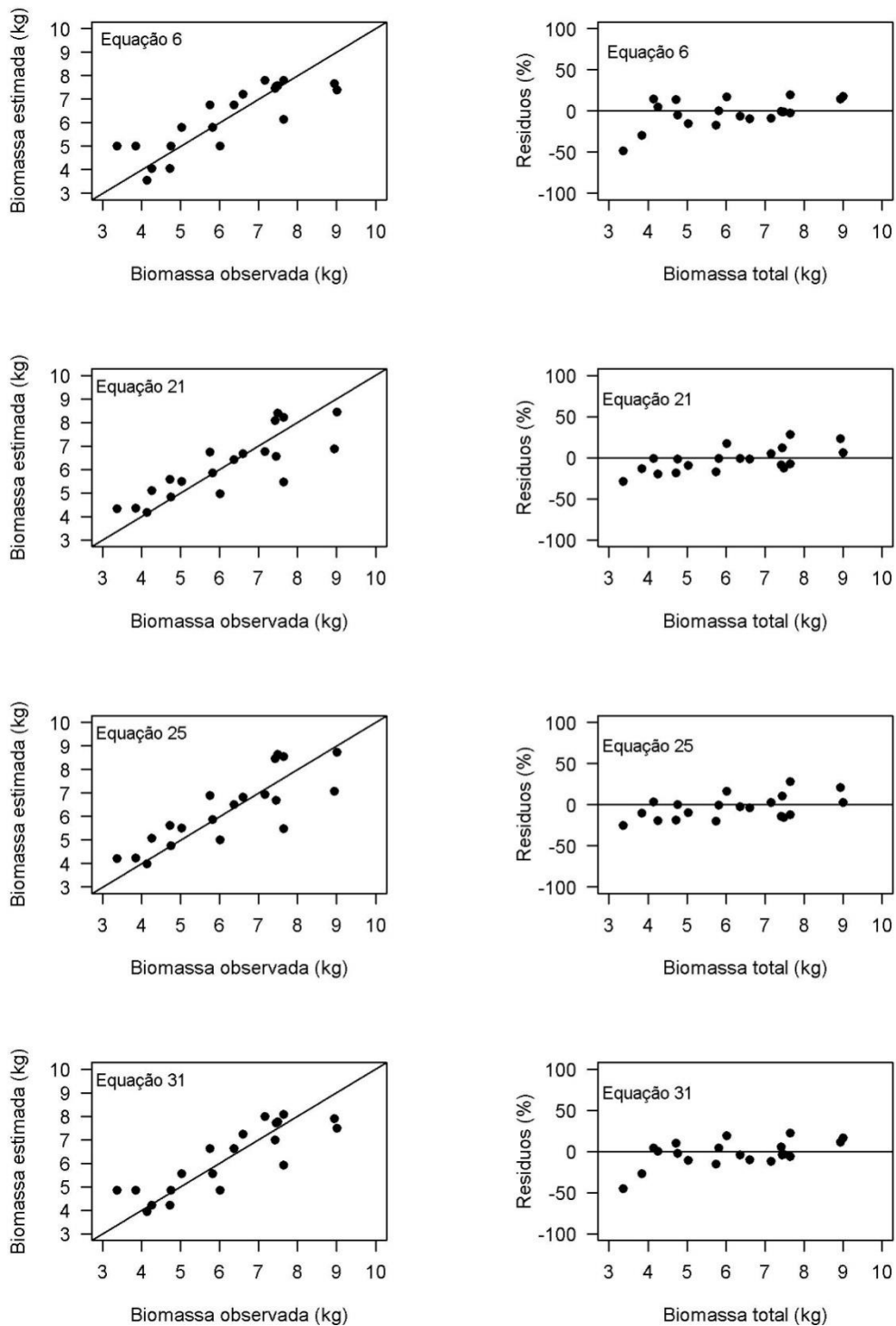


Figura 18 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa total de cafeeiro em SAF orgânico. Ibicoara, BA.

Para o SAF convencional, considerando o VP foram selecionados os modelos de melhor ajuste para biomassa do caule (modelos 9, 14, 22 e 37, Tabela 22), raiz pivotante (modelos 1, 4, 12 e 34, Tabela 23), raízes secundárias (modelos 10, 12, 23 e 26, Tabela 24), raízes (modelos 4, 19, 26 e 29, Tabela 25), parte aérea e total (modelos 1, 17, 26, 29 e 37, Tabelas 26 e 27).

Quando analisadas separadamente, as raízes pivotante e secundárias apresentaram os menores valores de R^2_{aj} (0,62 a 0,74 e 0,64 a 0,68, respectivamente) quando comparados aos modelos dos demais compartimentos. Entretanto, quando se considera o sistema radicular como um único compartimento, a precisão foi elevada, com alteração de R^2_{aj} variando de 0,65 a 0,79 (Tabela 25).

Avaliando a relação entre biomassa observada e estimada, foi verificado que para todos os modelos selecionados, a dispersão das biomassas do caule, parte aérea e total se manteve próxima à reta de intercepto igual a 0 e com inclinação de 45° , demonstrando maior precisão das estimativas de biomassa destes compartimentos em relação às raízes.

Quando se analisou a relação entre biomassa observada e estimada e dispersão dos resíduos do modelo em relação à biomassa observada, foi verificada homogeneidade entre os modelos selecionados para biomassa do caule e raiz pivotante. Para esses compartimentos, a seleção do melhor ajuste seguiu a classificação do VP, sendo definidos os modelos 1 e 9 para o caule e raiz pivotante, respectivamente.

Apesar da relação entre biomassa estimada e observada e a distribuição de resíduos indicarem o modelo 26 para estimativa da biomassa da parte aérea (Figura 23), raízes secundárias (Figura 21), raízes (Tabela 22) e biomassa total (Figura 24), a significância dos coeficientes e a simplicidade dos modelos foram fatores determinantes na seleção, sendo definidos os modelos 1, 12, 4 e 1 para os compartimentos supracitados, respectivamente.

Tabela 22 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa do caule de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$	S_{yx}	AIC	BIC	VP
9	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db)$	-1,3218***	2,2724***	-	-	1,0307	317,8	0,92	26,18	0,4062	-45,17	-40,96	22
14	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2$	-0,2490*	0,0889***	-	-	-	356,8	0,92	25,52	0,3959	33,47	37,67	24
22	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,4982***	1,9530***	0,7891	-	1,0292	167,9	0,92	26,11	0,4051	-45,7	-40,09	25
34	$y = \beta_0 * Db^{\beta_1}$	0,0530***	0,1273***	-	-	-	348,93	0,92	25,79	0,4	34,09	38,29	29
18	$y = \beta_0 + \beta_1 (Db^2 Ht)$	0,1532	0,0210***	-	-	-	348,9	0,92	25,79	0,4	34,09	38,29	31
30	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2 + \beta_3 Db^3$	2,2165	-1,8894*	0,5223**	-0,0298*	-	135,6	0,93	24,06	0,3733	31,72	38,72	31
26	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (Db Ht)$	1,009	-0,0409	-1,1068	0,35181	-	124,5	0,93	25,05	0,3886	34,13	41,13	40
5	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2$	-0,0418	-0,0901	0,0975***	-	-	173	0,92	25,92	0,4021	35,31	40,91	42
12	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	-1,0287***	2,7803***	-	-	1,0438	215,5	0,88	36,84	0,5716	-34,64	-30,44	45
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,3143***	2,2480***	1,0515	-	1,0409	116,9	0,89	33,44	0,5187	-35,78	-30,18	45
21	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 Ht)$	-0,2724	0,0833***	-	-	-	207,9	0,88	32,6	0,5056	48,15	52,35	51
1	$y = \beta_0 + \beta_1 Db$	-2,1989***	0,8840***	-	-	-	205,7	0,88	32,75	0,508	48,43	52,63	56
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,8007***	1,2294*	2,9177***	-	1,0815	53,19	0,78	43,25	0,6708	-15,68	-10,07	70
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (d Ht)$	3,4361	-0,6975	-3,1913*	1,5867**	-	67,7	0,87	33,07	0,5181	50,8	57,81	71
37	$y = \beta_0 * d^{\beta_1}$	0,0857**	2,9316***	-	-	-	163,41	0,85	36,19	0,5613	54,42	58,62	74
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	-1,0400***	2,7616***	-	-	1,1335	55,38	0,65	71	1,1012	-2,49	1,71	81
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	1,0241	-1,4526	0,6137***	-	-	83,21	0,85	36	0,5584	55,02	60,62	82
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	4,596	-6,2313	2,563	-0,2449	-	57,92	0,85	35,42	0,5495	54,91	61,92	83
17	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2$	-0,8590***	0,3525***	-	-	-	149,6	0,84	37,57	0,5828	56,67	60,87	85
4	$y = \beta_0 + \beta_1 d$	-3,0759***	1,8319***	-	-	-	90,8	0,76	45,93	0,7125	68,73	72,93	101
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (Dm Ht)$	2,4278	-1,1705**	-2,9086	2,0215**	-	35,35	0,78	43,57	0,6758	67,33	74,34	105
19	$y = \beta_0 + \beta_1 (Dm^2 Ht)$	-0,5718	0,1010***	-	-	-	45,83	0,61	58,26	0,9038	83	87,2	114

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes da equação; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R^2 : coeficiente de determinação; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; $S_{yx}\%$: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$, respectivamente.

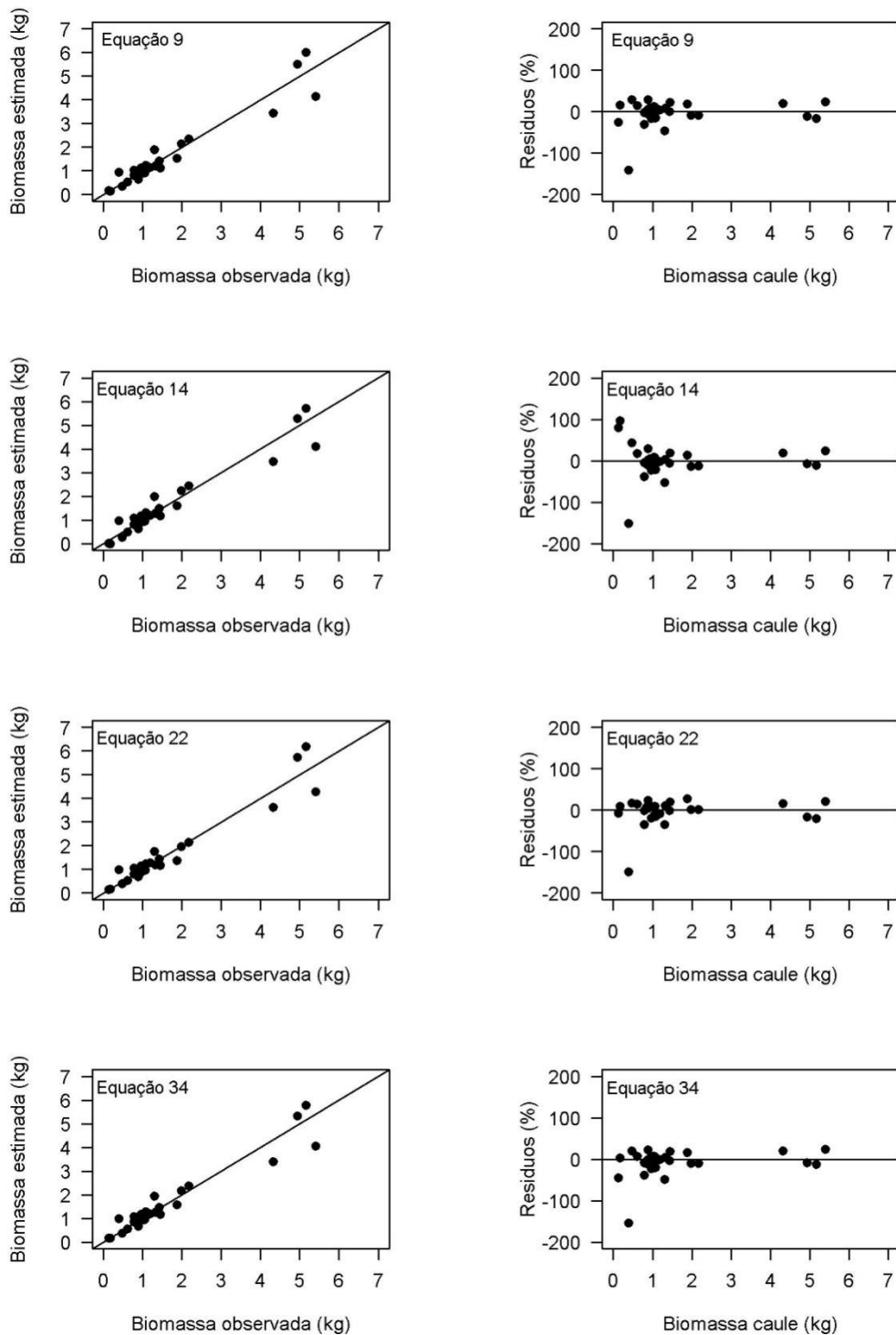


Figura 19 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa do caule de cafeeiro SAF convencional. Barra do Choça, BA.

Tabela 23 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da raiz pivotante de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R ² _{aj}	S _{yx} %	S _{yx}	AIC	BIC	VP
1	$y = \beta_0 + \beta_1 Db$	-0,1521	0,21114***	-	-	-	63,92	0,69	29,27	0,2176	-2,43	1,78	23
34	$y = \beta_0 * Db^{\beta_1}$	0,1386***	1,1580***	-	-	-	62,48	0,68	29,48	0,2193	-1,98	2,22	31
4	$y = \beta_0 + \beta_1 d$	-0,4356**	0,4669***	-	-	-	61,61	0,68	29,64	0,2204	-1,66	2,54	38
12	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	-1,1335***	2,3769***	-	-	1,0951	74,4	0,72	44,37	0,33	-12,15	-7,94	39
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	-1,2718***	2,6886***	-	-	1,1021	67,63	0,7	46,55	0,3462	-10,09	-5,89	49
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,7179***	1,7902***	1,7108*	-	1,0866	42,45	0,74	44,39	0,3301	-13,9	-8,29	49
37	$y = \beta_0 * d^{\beta_1}$	0,1734***	1,5437***	-	-	-	60,42	0,67	29,84	0,2219	-1,26	2,94	49
30	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2 + \beta_3 Db^3$	-0,9536	0,8179	-0,1376	0,0094	-	21,57	0,68	29,46	0,2191	-0,25	6,75	54
5	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2$	-0,2444	0,2528	-0,0042	-	-	31	0,67	29,75	0,2212	-0,54	5,06	58
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,4488***	1,7890**	1,1611	-	1,0928	38,87	0,72	48,73	0,3624	-11,92	-6,31	59
17	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2$	0,1656	0,0845***	-	-	-	57,09	0,66	30,42	0,2262	-0,11	4,09	60
26	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DbHt)$	0,1503	-0,0303	-0,1196	0,1179	-	21,52	0,68	29,49	0,2193	-0,2	6,8	61
9	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db)$	-1,3287***	1,8505***	-	-	1,1104	60,79	0,67	49,18	0,3657	-7,87	-3,66	63
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-0,3316	0,3835	0,0156	-	-	29,83	0,67	30,15	0,2242	0,26	5,86	70
21	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 Ht)$	0,3200***	0,0194***	-	-	-	54,03	0,65	30,98	0,2304	0,99	5,2	71
22	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,6782***	1,2177*	1,5632	-	1,1037	33,63	0,69	54,2	0,4031	-8,75	-3,14	71
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (dHt)$	-0,2756	0,0084	0,1514	0,0657	-	21,05	0,68	29,72	0,221	0,27	7,27	71
14	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2$	0,3373***	0,0201***	-	-	-	52,98	0,64	31,18	0,2319	1,38	5,58	77
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	-1,0914	1,4	-0,3991	0,0521	-	19,69	0,66	30,43	0,2263	1,68	8,69	88
18	$y = \beta_0 + \beta_1 (Db^2 Ht)$	0,4321***	0,0047***	-	-	-	49,08	0,62	31,96	0,2377	2,86	7,06	89
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DmHt)$	0,0079	-0,1436	-0,1208	0,2663	-	18,08	0,64	31,33	0,233	3,43	10,44	100

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes da equação; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R²: coeficiente de determinação; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; S_{yx}%; erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: p≤0,05, p≤0,01, p≤0,001, respectivamente.

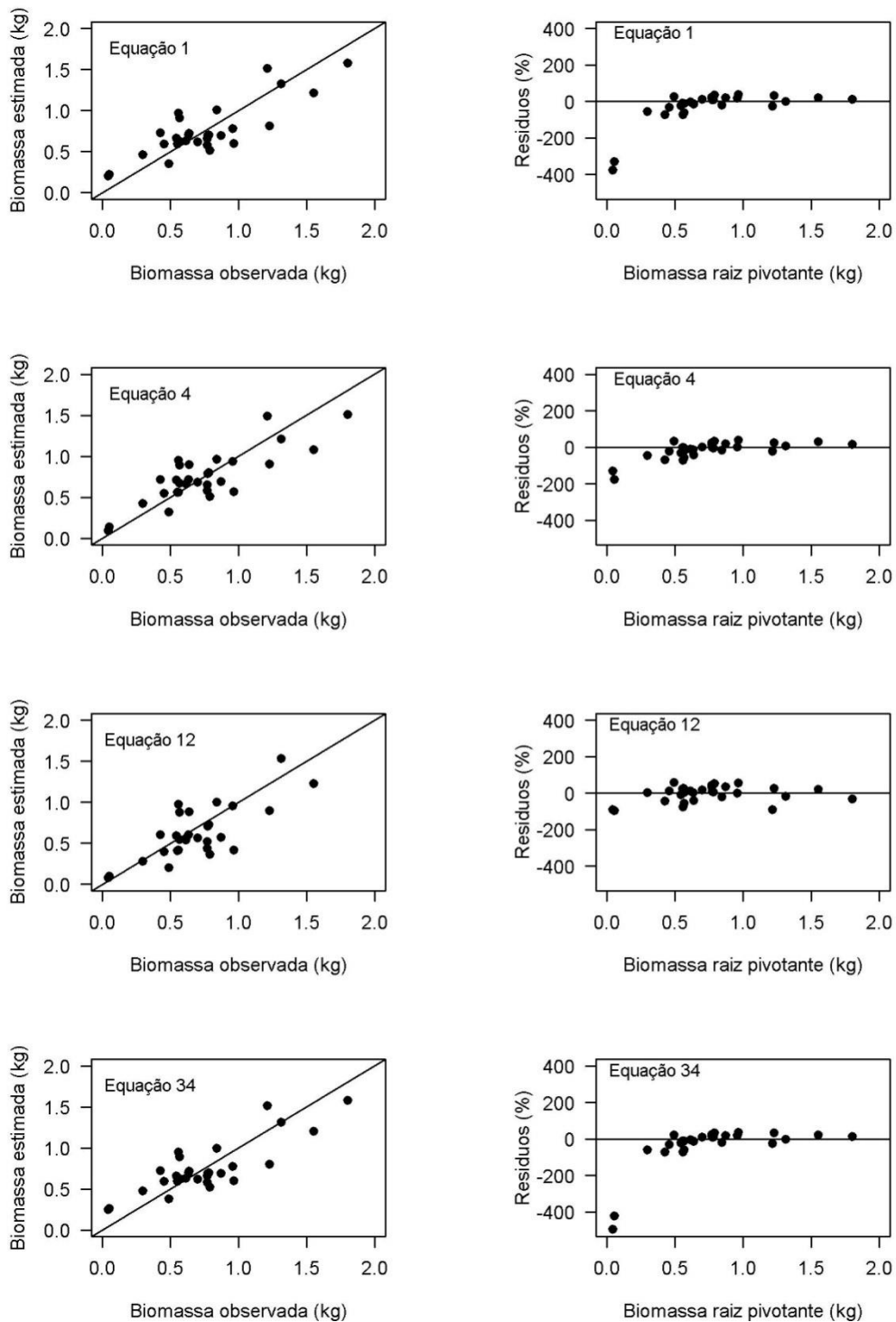


Figura 20 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa da raiz pivotante de cafeeiro SAF convencional. Barra do Choça, BA.

Tabela 24 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa das raízes secundárias de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$	S_{yx}	AIC	BIC	VP
26	$Y = \beta_0 + \beta_1 Db^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DbHt)$	0,4691	-0,0561**	-0,3986	0,1611**	-	17,98	0,64	32,25	0,0906	-53,26	-46,26	11
12	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	-1,5076***	2,2372***	-	-	1,1195	53,01	0,64	47,71	0,134	-5,61	-1,41	13
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,9783***	1,8583**	1,2946	-	1,118	27,5	0,65	44,45	0,1248	-5,07	0,54	15
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	-1,6408***	2,5382***	-	-	1,1245	49,95	0,63	47,85	0,1344	-4,45	-0,25	20
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,6837***	1,9089**	0,6485	-	1,1223	26,13	0,63	48,07	0,135	-4,05	1,56	27

β_0 , β_1 , β_2 , β_3 : Coeficientes da equação; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R^2 : coeficiente de determinação; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; $S_{yx}\%$: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$, respectivamente.

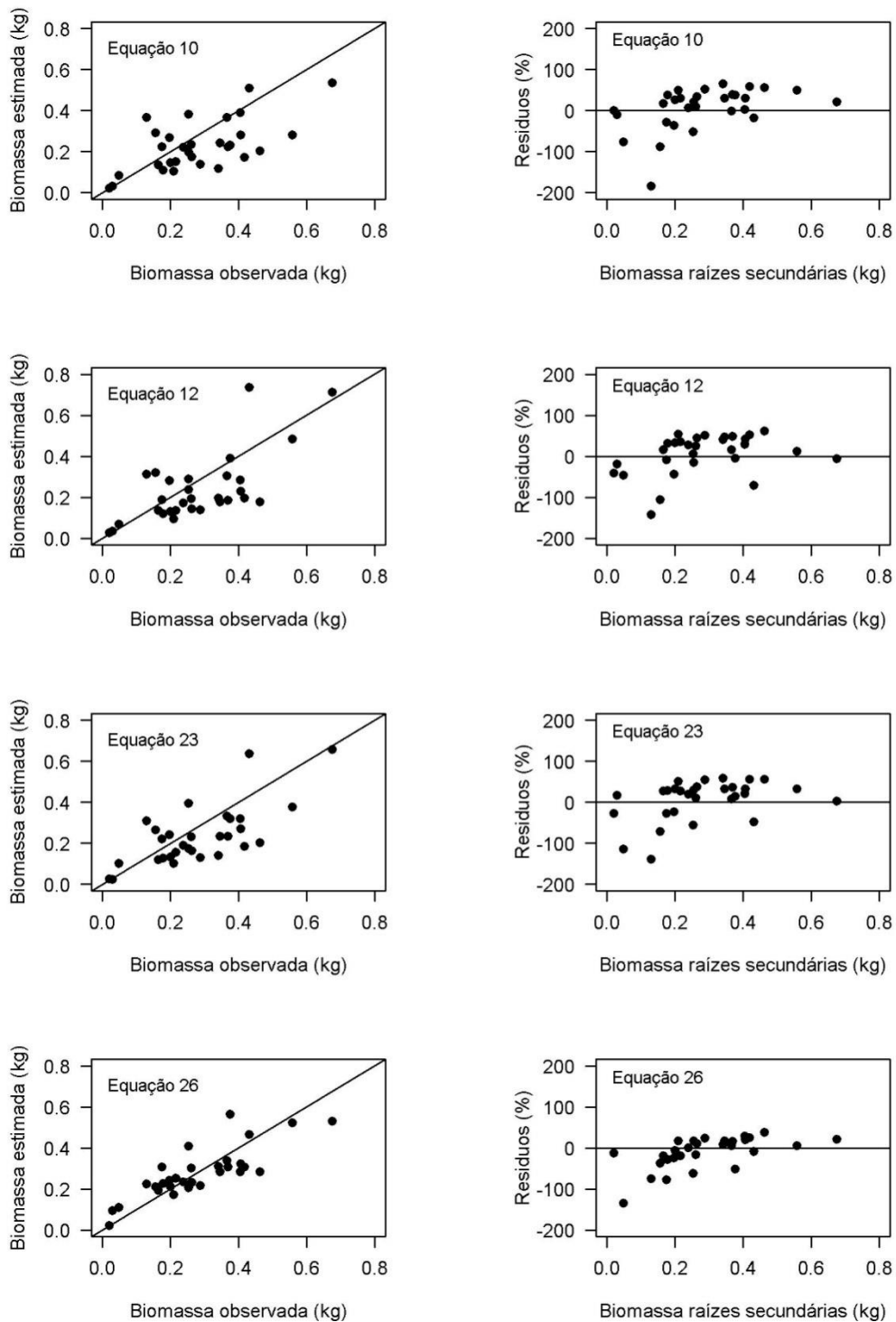


Figura 21 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa das raízes secundárias de cafeeiro em SAF convencional. Barra do Choça, BA.

Tabela 25 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa das raízes (pivotante + secundárias) de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R ² _{aj}	S _{yx} %	S _{yx}	AIC	BIC	VP
4	$y = \beta_0 + \beta_1 d$	-0,5616**	0,6279***	-	-	-	92,64	0,76	23,6	0,2418	3,88	8,09	26
26	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DbHt)$	0,6193	-0,0864	-0,5181	0,279	-	36,83	0,79	22,19	0,2273	1,96	8,96	36
37	$y = \beta_0 * d^{\beta_1}$	0,2506***	1,4961***	-	-	-	88,51	0,75	24,02	0,246	4,93	9,13	37
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (dHt)$	-0,0745	-0,0675	-0,0077	0,2032	-	34,8	0,78	22,7	0,2326	3,33	10,34	43
12	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	-0,9641***	2,3201***	-	-	1,076	87,87	0,75	41,05	0,4206	-18,59	-14,38	47
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,5295***	1,7594***	1,6492*	-	1,0679	51,15	0,78	39,15	0,4011	-20,97	-15,36	50
1	$y = \beta_0 + \beta_1 Db$	-0,1551	0,2781***	-	-	-	81,64	0,74	24,76	0,2536	6,75	10,96	52
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-0,5256	0,5991	0,0054	-	-	44,68	0,75	24,03	0,2462	5,88	11,48	57
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	-1,0995***	2,6255***	-	-	1,0824	79,17	0,73	41,34	0,4235	-16,25	-12,04	59
17	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2$	0,2511*	0,1131***	-	-	-	80,39	0,73	24,9	0,2551	7,1	11,3	59
30	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2 + \beta_3 Db^3$	-1,6323*	1,3882*	-0,2502*	0,0169	-	31,07	0,76	23,74	0,2432	6,02	13,03	59
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,2646***	1,7598**	1,1068	-	1,0737	46,22	0,76	44,97	0,4607	-18,59	-12,98	62
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	-1,9159	2,4591	-0,7534	0,0953	-	30,77	0,75	23,83	0,2442	6,25	13,26	65
34	$y = \beta_0 * Db^{\beta_1}$	0,2069***	1,1053***	-	-	-	79,72	0,73	24,98	0,2559	7,28	11,49	65
9	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db)$	-1,1440***	1,7888***	-	-	1,095	65,56	0,69	47,06	0,4821	-12,17	-7,97	71
21	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 Ht)$	0,4561***	0,0260***	-	-	-	76,51	0,72	25,36	0,2598	8,19	12,4	74
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DmHt)$	-0,0149	-0,1811	-0,1423	0,3465	-	29,76	0,75	24,15	0,2473	7,02	14,03	76
22	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,5062***	1,1329*	1,6202	-	1,087	37,39	0,72	51,25	0,525	-13,79	-8,18	78
5	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2$	-0,3488	0,3655*	-0,0088	-	-	40,05	0,73	25,05	0,2566	8,37	13,97	83
14	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2$	0,4922***	0,0263***	-	-	-	63,27	0,68	27,13	0,278	12,25	16,46	87
18	$y = \beta_0 + \beta_1 (Db^2 Ht)$	0,6137***	0,0062***	-	-	-	60,43	0,67	27,57	0,2824	13,2	17,4	93
19	$y = \beta_0 + \beta_1 (Dm^2 Ht)$	0,2981*	0,0346***	-	-	-	45,97	0,61	30,14	0,3088	18,56	22,76	101

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes da equação; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R²: coeficiente de determinação; R²_{aj}: coeficiente de determinação ajustado; S_{yx}%: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: p≤0,05, p≤0,01, p≤0,001, respectivamente.

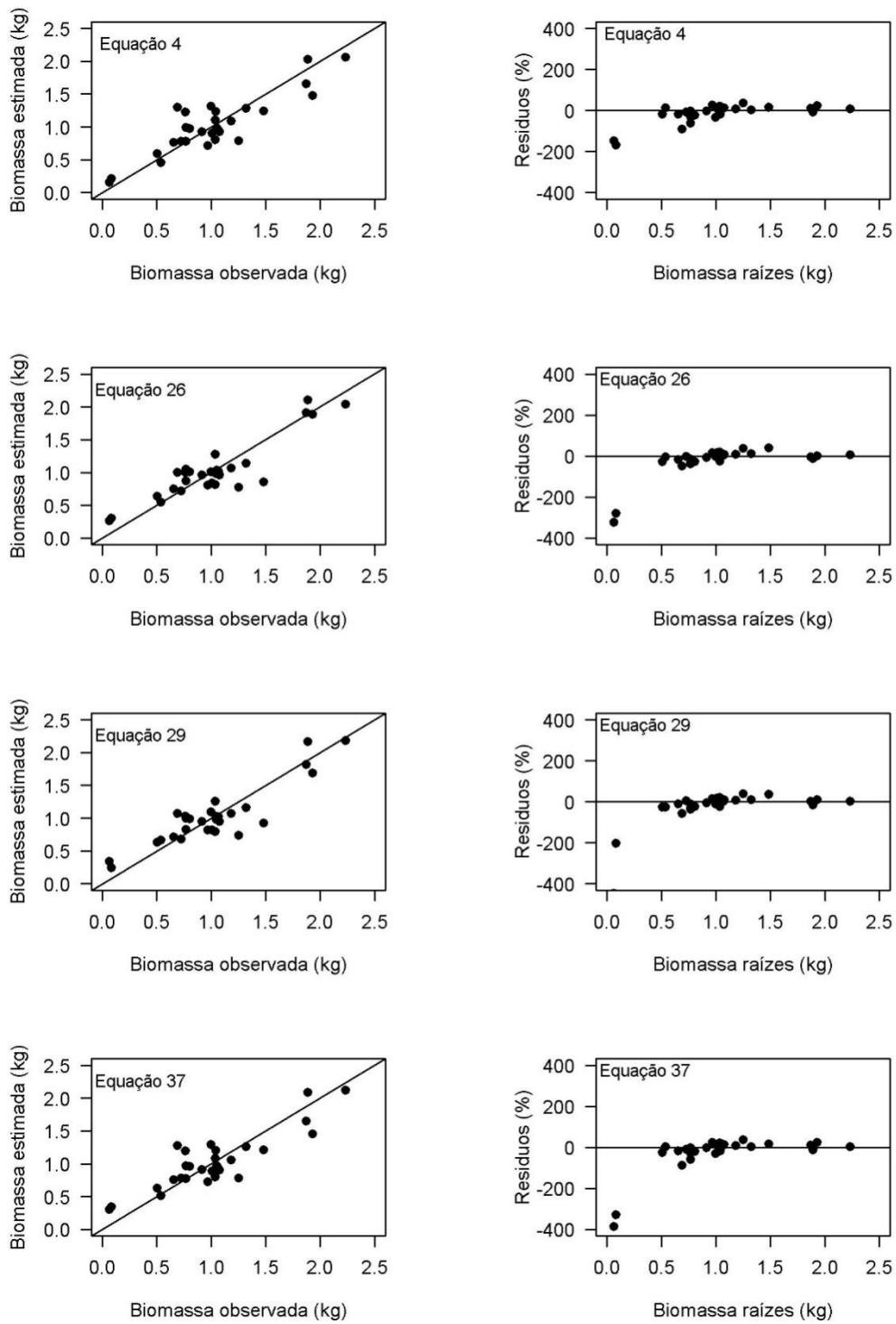


Figura 22 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa de raízes de cafeeiro em SAF convencional. Barra do Choça, BA.

Tabela 26 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da parte aérea de cafeeiro em SAF convencional, no município de Barra do Choça, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$	S_{yx}	AIC	BIC	VP
37	$y = \beta_0 \cdot d^{\beta_1}$	0,5068***	1,9232***	-	-	-	161,53	0,85	22,62	0,7226	69,58	73,78	28
1	$y = \beta_0 + \beta_1 Db$	-1,5327***	1,1142***	-	-	-	161,3	0,85	22,64	0,7231	69,62	73,82	33
17	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2$	0,0896	0,4540***	-	-	-	160,6	0,85	22,68	0,7245	69,73	73,93	38
26	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DbHt)$	3,983	-0,2614	-2,8689	0,9838*	-	59,84	0,86	21,73	0,694	68,92	75,93	38
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (dHt)$	3,0154	-0,4036	-2,3103	1,2577	-	59,42	0,86	21,79	0,6961	69,11	76,11	43
34	$y = \beta_0 \cdot Db^{\beta_1}$	0,4021***	1,4130***	-	-	-	157,27	0,84	22,88	0,7309	70,26	74,46	44
30	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2 + \beta_3 Db^3$	-4,4958*	3,6355*	-0,6238	0,0452	-	58,35	0,86	21,97	0,7016	69,58	76,59	48
12	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	-0,6061***	2,6224***	-	-	1,0629	134,7	0,82	44,76	1,4298	-24,06	-19,86	51
21	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 Ht)$	0,9059***	0,1046***	-	-	-	153,2	0,84	23,14	0,7391	70,93	75,13	55
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-0,8054	0,6904	0,3299	-	-	78,96	0,84	22,9	0,7316	71,22	76,83	64
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,7394**	2,3739***	0,4908	-	1,0643	66,18	0,82	47,44	1,5154	-22,52	-16,92	64
9	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db)$	-0,8364***	2,0665***	-	-	1,0738	111,5	0,79	56,43	1,8024	-19,44	-15,24	66
4	$y = \beta_0 + \beta_1 d$	-3,0093***	2,4559***	-	-	-	143,9	0,83	23,76	0,7589	72,51	76,72	67
5	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2$	-1,068	0,9044*	0,021	-	-	78,59	0,84	22,95	0,7331	71,34	76,95	69
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	-0,7200***	2,8677***	-	-	1,0915	85,44	0,74	45,23	1,4446	-13,24	-9,03	71
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,1511***	1,9993***	1,6536*	-	1,0771	53,41	0,78	42,08	1,3442	-17,28	-11,68	72
14	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2$	1,0127***	0,1077***	-	-	-	136,3	0,82	24,3	0,7762	73,87	78,07	75
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	-4,3173	5,3889	-1,5867	0,2408	-	53,04	0,84	22,89	0,7311	72,06	79,06	76
22	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-1,0102***	1,7518***	0,7774	-	1,074	56,08	0,79	54,94	1,9146	-18,46	-12,85	77
18	$y = \beta_0 + \beta_1 (Db^2 Ht)$	1,5141***	0,0252***	-	-	-	123	0,81	25,35	0,8097	76,4	80,6	83
19	$y = \beta_0 + \beta_1 (Dm^2 Ht)$	0,2979	0,1378***	-	-	-	66,57	0,69	32,03	1,023	90,43	94,63	101
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DmHt)$	2,7366	-0,9703	-2,7667	1,9651*	-	33,43	0,77	27,72	0,8853	83,53	90,54	103

β_0 , β_1 , β_2 , β_3 : Coeficientes da equação; Dm: diâmetro a 50% da altura; d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R^2 : coeficiente de determinação; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; $S_{yx}\%$: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$, respectivamente.

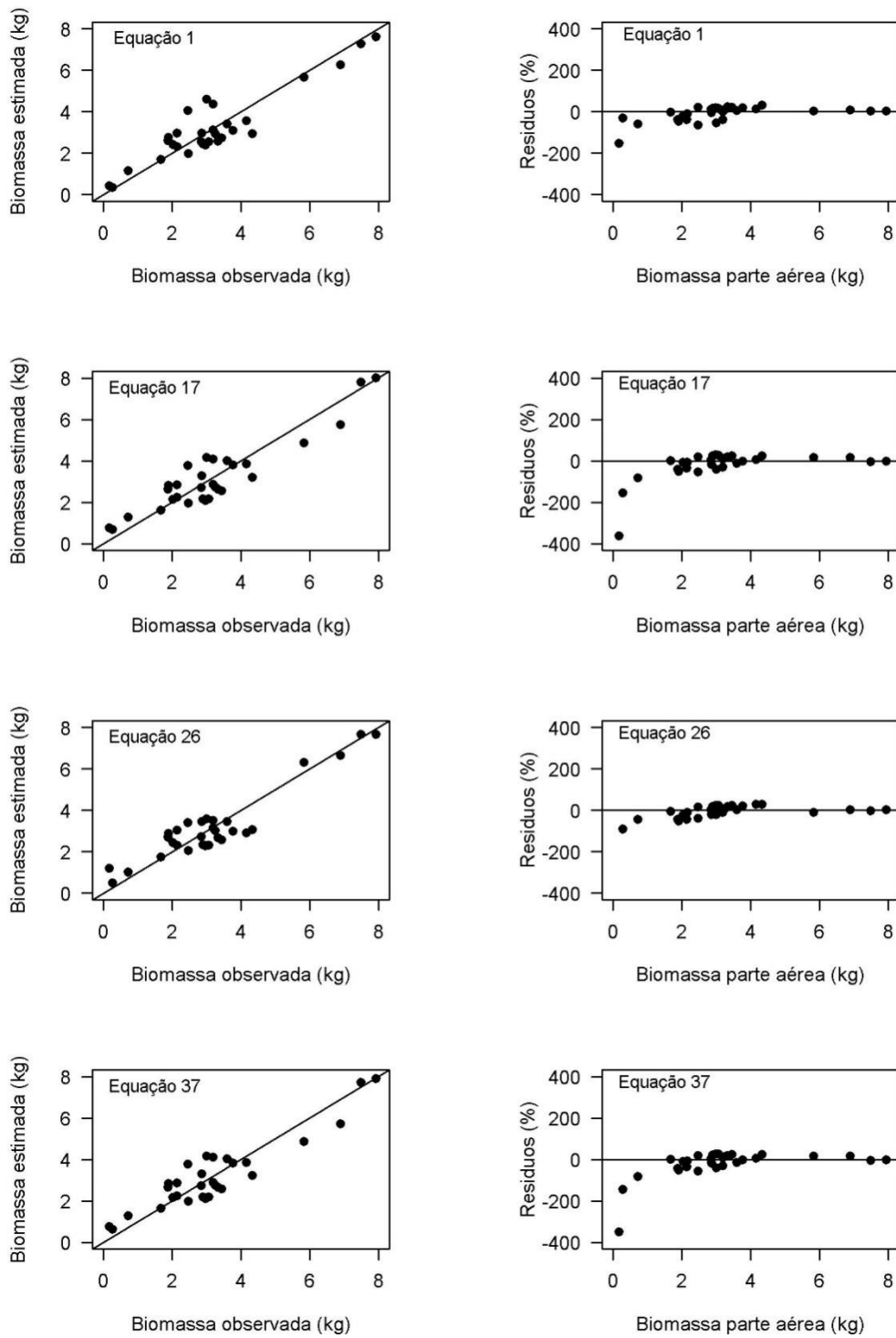


Figura 23 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa da parte aérea de cafeeiro em SAF convencional. Barra do Choça, BA.

Tabela 27 – Estimativa dos coeficientes e medidas de precisão das equações ajustadas para biomassa da biomassa total de cafeeiro em SAF convencional, município de Barra do Choça, Bahia.

Modelo	Equações	β_0	β_1	β_2	β_3	FM	F	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$	S_{yx}	AIC	BIC	VP
37	$y = \beta_0 \cdot d^{\beta_1}$	0,7438***	1,8203***	-	-	-	165,61	0,85	21,16	0,8926	82,25	86,45	29
1	$y = \beta_0 + \beta_1 Db$	-1,6877**	1,3923***	-	-	-	163,3	0,85	21,29	0,8979	82,61	86,81	36
26	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DbHt)$	4,6023	-0,3478	-3,3871	1,2628*	-	63,71	0,87	19,98	0,8429	80,59	87,59	36
29	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (dHt)$	2,9409	-0,471	-2,318	1,4609	-	62,77	0,87	20,11	0,8484	80,98	87,98	42
17	$y = \beta_0 + \beta_1 d^2$	0,3407	0,5671***	-	-	-	161,8	0,85	21,37	0,9014	82,84	87,04	43
30	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2 + \beta_3 Db^3$	-6,1281*	5,0237*	-0,8741	0,0621*	-	60,6	0,86	20,42	0,8616	81,91	88,91	50
34	$y = \beta_0 \cdot Db^{\beta_1}$	0,5953***	1,3393***	-	-	-	157,12	0,84	21,64	0,9128	83,59	87,8	50
12	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d)$	-0,4412***	2,5298***	-	-	1,0574	137	0,82	44,18	1,8639	-26,73	-22,52	51
4	$y = \beta_0 + \beta_1 d$	-3,5709***	3,0838***	-	-	-	154,8	0,84	21,77	0,9185	83,96	88,17	59
8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	-1,331	1,2895	0,3352	-	-	81,62	0,85	21,34	0,9004	83,68	89,29	59
25	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(d) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,6284**	2,1810***	0,6891	-	1,0576	68,77	0,83	47,5	2,0038	-25,73	-20,12	63
21	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 Ht)$	1,3620***	0,1305***	-	-	-	153,2	0,84	21,87	0,9227	84,24	88,44	65
23	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,9954***	1,9141***	1,6682	-	1,0642	60,6	0,8	41,46	1,7991	-22,59	-16,98	65
33	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^3$	-6,2332	7,8481	-2,3401	0,3362	-	55,55	0,85	21,21	0,8948	84,18	91,18	67
9	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db)$	-0,6575***	1,9838***	-	-	1,0703	107,8	0,79	55,54	2,343	-20,87	-16,67	68
10	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Dm)$	-0,5604***	2,7902***	-	-	1,0792	92,89	0,76	44,65	1,8837	-17,39	-13,19	70
5	$y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2$	-1,4168	1,2699*	0,0123	-	-	78,92	0,84	21,65	0,9135	84,55	90,15	72
14	$y = \beta_0 + \beta_1 Db^2$	1,5049***	0,1339***	-	-	-	130,9	0,82	23,36	0,9854	88,18	92,39	78
22	$\text{Log}(y) = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(Db) + \beta_2 \text{Log}(Ht)$	-0,8875***	1,5673***	1,0288	-	1,0683	56,23	0,79	59,36	2,504	-20,77	-15,16	81
18	$y = \beta_0 + \beta_1 (Db^2 Ht)$	2,1278***	0,0314***	-	-	-	119	0,8	24,29	1,0245	90,52	94,72	84
19	$y = \beta_0 + \beta_1 (Dm^2 Ht)$	0,5959	0,1723***	-	-	-	67,46	0,7	30,13	1,2712	103,46	107,67	101
27	$y = \beta_0 + \beta_1 Dm^2 + \beta_2 Ht + \beta_3 (DmHt)$	2,7217	-1,1515	-2,909	2,3116*	-	37,26	0,79	25,08	1,0581	94,23	101,24	101

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$: Coeficientes da equação; Dm: Diâmetro a 50% da altura, d: diâmetro médio; Ht: altura total; Log: logaritmo de base 10; Y: biomassa seca; FM: fator de correção de Meyer; R^2 : coeficiente de determinação; R^2_{aj} : coeficiente de determinação ajustado; $S_{yx}\%$: erro padrão da estimativa percentual; *, **, ***: $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$, respectivamente.

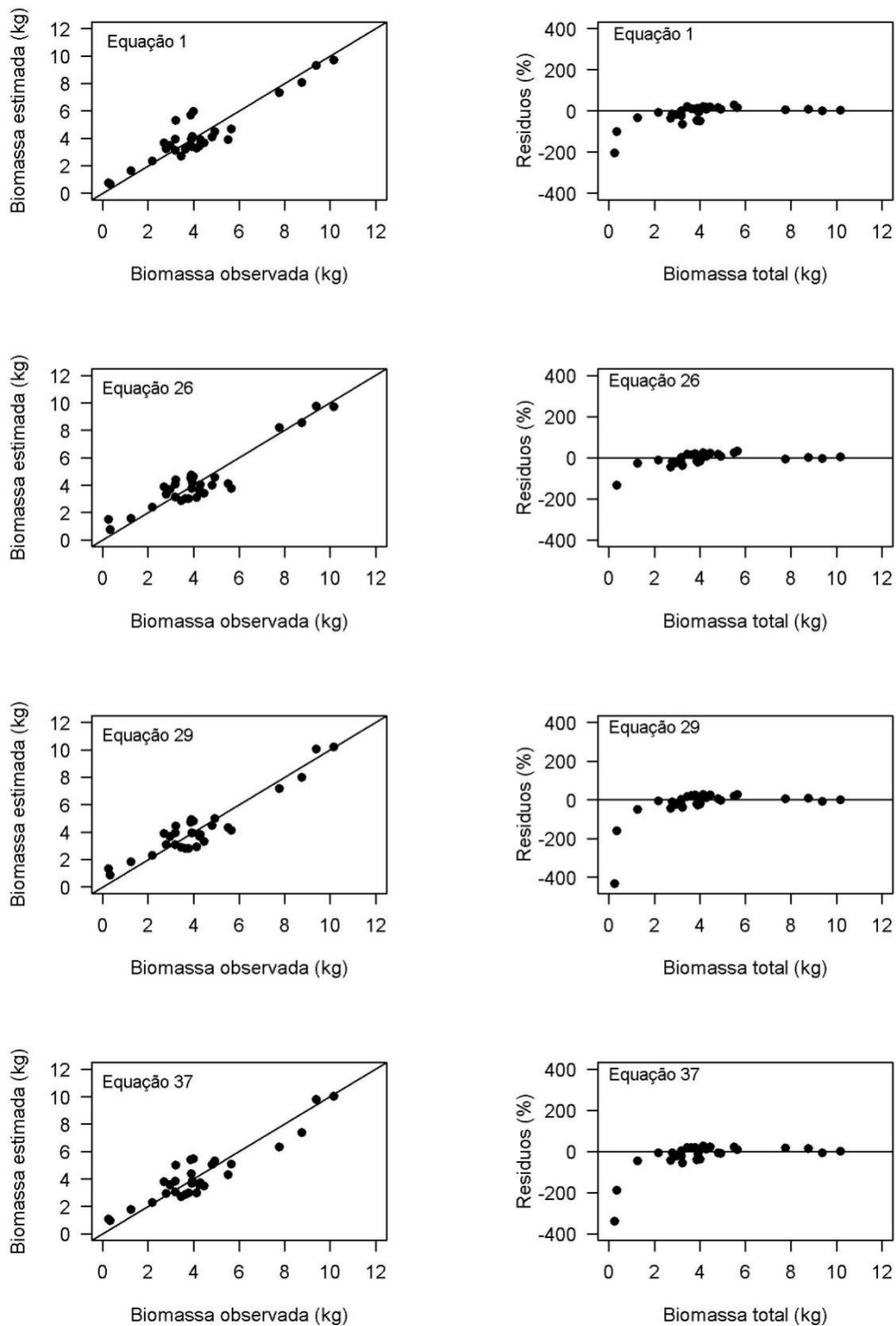


Figura 24 – Biomassa observada *versus* estimada e distribuição gráfica dos resíduos das equações selecionadas para biomassa total de cafeeiro em SAF convencional. Barra do Choça, BA.

5. CONCLUSÕES

Grevíleas mais velhas e o adensamento de cafeeiros foram fatores que determinaram maiores estoques de biomassa e carbono total no SAF convencional em relação ao SAF orgânico.

O arranjo, função e idade foram características que determinaram a superioridade dos teores de carbono da grevílea do SAF convencional em relação ao SAF orgânico.

Apesar das especificidades relativas a arranjo e idade das grevíleas e de densidade e manejo dos cafeeiros, os valores médios dos teores de carbono de cafeeiros, assim como o estoque de carbono do solo e a biomassa e o estoque de carbono da serapilheira do SAF orgânico e do SAF convencional foram semelhantes.

A taxa de respiração do solo para o sistema orgânico foi superior quando comparada ao SAF convencional, sendo o manejo da adubação e a aplicação de inseticidas via solo considerados importantes fatores deste diferencial.

O caráter conservacionista dos SAFs foi corroborado pela manutenção da respiração e estoque de carbono do solo dos SAFs em relação às áreas de referência.

A manutenção da dominância apical dos cafeeiros no SAF convencional, induzida pelo autossombreamento, eleva a precisão dos modelos de estimativa da biomassa devido às variáveis independentes estarem relacionadas à morfologia do caule. No SAF orgânico, o desenvolvimento mais vigoroso da ramificação lateral relacionada à maior disponibilidade de luz pelo plantio menos adensado, definem limitações da reciprocidade entre o crescimento do caule e o acúmulo de biomassa, resultando em redução da precisão dos modelos.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMBINAKUDIGE, S.; SATHISH, B. N. Comparing tree diversity and composition in coffee farms and sacred forests in the Western Ghats of India. **Biodiversity and Conservation**, v. 18, n. 4, p. 987-1000, 2009.
- ANDRADE, H. J. C.; SEGURA, M. A.; FERIA, M.; SUÁREZ, W. Above-ground biomass models for coffee bushes (*Coffea arabica* L.) in Líbano, Tolima, Colombia. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 3, p. 775-784, 2016.
- ANGERS, D.; CHANTIGNY, M.; MACDONALD, J.; ROCHETTE, P.; CÔTÉ, D. Differential retention of carbon, nitrogen and phosphorus in grassland soil profiles with long-term manure application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 86, n. 2, p. 225-229, 2010.
- ANGLAERE, L. C.; COBBINA, J.; SINCLAIR, F. L.; MCDONALD, M. A. The effect of land use systems on tree diversity: farmer preference and species composition of cocoa-based agroecosystems in Ghana. **Agroforestry Systems**, v. 81, n. 3, p. 249-265, 2011.
- ARAÚJO, A. V.; PARTELLI, F. L.; OLIOSI, G.; PEZZOPANE, J. R. M. Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 700-709, 2016.
- ARAÚJO, W. L.; DIAS, P. C.; MORAES, G. A.; CELIN, E. F.; CUNHA, R. L.; BARROS, R. S.; DAMATTA, F. M. Limitations to photosynthesis in coffee leaves from different canopy positions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 10, p. 884-890, 2008.
- BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no Sul da Bahia. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p. 415-425, 2006.
- BASUKI, T. M.; VAN LAAKE, P. E.; SKIDMORE, A. K.; HUSSIN, Y. A. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 8, p. 1684-1694, 2009.

- BEETS, P. N.; BRANDON, A. M.; GOULDING, C. J.; KIMBERLEY, M. O.; PAUL, T. S. H.; SEARLES, N. The inventory of carbon stock in New Zealand's post-1989 planted forest for reporting under the Kyoto protocol. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 6, p. 1119-1130, 2011.
- BELIZÁRIO, M. H.; FERRÃO, G. D. E.; CERRI, C. C.; SIQUEIRA-NETO, M. Soil carbon stocks cultivated with coffee in the Brazilian savanna: effect of cultivation time and use of organic compost. **Coffee Science**, v. 13, n. 1, p. 53-62, 2018.
- BENOMAR, L.; DESROCHERS, A.; LAROCQUE, G. R. The effects of spacing on growth, morphology and biomass production and allocation in two hybrid poplar clones growing in the boreal region of Canada. **Trees**, v. 26, n. 3, p. 939-949, 2012.
- BRADFORD, J. B.; KASTENDICK, D. N. Age-related patterns of forest complexity and carbon storage in pine and aspen–birch ecosystems of northern Minnesota, USA. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 40, n. 3, p. 401-409, 2010.
- BRAND, M. A.; STÄHELIN, T. S. F.; FERREIRA, J. C.; NEVES, M. D. Produção de biomassa para geração de energia em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 353-360, 2014.
- BRASSARD, B. W.; CHEN, H. Y. H.; BERGERON, Y.; PARE, D. Coarse root biomass allometric equations for *Abies balsamea*, *Picea mariana*, *Pinus banksiana*, and *Populus tremuloides* in the boreal forest of Ontario, Canada. **Biomass Bioenergy**, v. 35, n. 10, p. 4189-4196, 2011.
- BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; ROSADO, A. M.; VIDAURRE, G. B.; PAES, J. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOIOLA, P. L. Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Ciência da Madeira**, v. 5, n. 2, p. 127-137, 2014.
- BRITEZ, R. M. **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do sul do Brasil**. Embrapa Florestas, Colombo-PR, 2007, 165 p.
- CALDEIRA, M. V. W.; DA SILVA, R. D.; KUNZ, S. H.; ZORZANELLI, J. P. F.; CASTRO, K. C.; GODINHO, T. O. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 111-119, 2013.
- CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, E. P.; GARCIA,

S.; FINGER, F. L. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 63, n. 1, p. 75-82, 2004.

CARVALHO, G. R.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F.; NOGUEIRA, A. M.; AMARAL, M. A. Avaliação de produtividade de progênies de cafeeiro em dois sistemas de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 838-843, 2006.

CAVATTE, P. C.; RODRIGUES, W. N.; AMARAL, J. F. T.; PEREIRA, S. M. A.; VENANCIO, L. P. Arborização em café conilon: aspectos microclimáticos, fisiológicos e nutricionais. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do; OLIVEIRA, F. L. de; COELHO, R. I. **Tópicos especiais em produção vegetal IV**. Alegre, ES: CAUFES, 2013. p. 421-444.

CECAFÉ – Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. Disponível em: <http://www.cecafe.com.br/secao/publicacoes/noticias/>. Acesso em: 01 jan. 2019.

CERDA, R.; ALLINNE, C.; GARY, C.; TIXIER, P.; HARVEY, C. A.; KROLCZYK, L.; MATHIOT, C.; CLÉMENT, E.; ALBERTOT, J-N.; AVELINO, J. Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. **European Journal of Agronomy**, v. 82, p. 308-319, 2017.

CHEATHAM, M. R.; ROUSE, M. N.; ESKER, P. D.; IGNACIO, S.; PRADEL, W., RAYMUNDO, R.; SPARKS, A. H.; FORBES, G. A.; GORDON, T. R.; GARRETT, K. A. Beyond yield: plant disease in the context of ecosystem services. **Phytopathology**, v. 99, n. 11, p. 1228-1236, 2009.

CHENG, J.; LEE, X.; THENG, B. K.; ZHANG, L.; FANG, B.; LI, F. Biomass accumulation and carbon sequestration in an age-sequence of *Zanthoxylum bungeanum* plantations under the Grain for Green Program in karst regions, Guizhou province. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 203, p. 88-95, 2015.

CHENU, C.; ANGERS, D. A.; BARRÉ, P.; DERRIEN, D.; ARROUAYS, D.; BALESDENT, J. Increasing organic stocks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. **Soil and Tillage Research**, v. 188, p. 41-52, 2019.

CIPOLLINI JR, D. F. Wind-induced mechanical stimulation increases pest resistance in common bean. **Oecologia**, v. 111, n. 1, p. 84-90, 1997.

COELHO, R. A.; MATSUMOTO, S. N.; LEMOS, C. L.; SOUZA, F. A. Nível de sombreamento, umidade do solo e morfologia do cafeeiro em sistemas agroflorestais.

Revista Ceres, v. 57, n. 1, p. 95-102, 2010.

COGO, F. D. **Carbono orgânico em latossolo sob lavoura cafeeira e outros usos da terra no sul de MG**. Lavras-MG: UFLA, 2012, 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal de Lavras.

COLTRI, P. P. **Mitigação de emissão de gases de efeito estufa e adaptação do café arábica a condições climáticas adversas**. Campinas-SP: Unicamp, 2012, 148 p. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

COLTRI, P. P.; PINTO, H. S.; GONÇALVES, R. R. V.; ZULLO JUNIOR, J.; DUBREUIL, V. Low levels of shade and climate change adaptation of Arabica coffee in southeastern Brazil. **Heliyon**, v. 5, n. 2, p. e01263, 2019.

COLTRI, P. P.; ZULLO, J.; GONÇALVES, R. R. V. do; ROMANI, L. A. S.; PINTO, H. S. Coffee crop's biomass and carbon stock estimation with usage of high resolution satellites images. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 6, n. 3, p. 1786-1795, 2013.

COLTRI, P. P.; ZULLO JUNIOR, J.; DUBREUIL, V.; RAMIREZ, G. M.; PINTO, H. S.; CORAL, G.; LAZARIM, C. G. Empirical models to predict LAI and aboveground biomass of *Coffea arabica* under full sun and shaded plantation: a case study of South of Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 89, n. 4, p. 621-636, 2015.

COSTA JÚNIOR, C.; PÍCCOLO, M. D. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1311-1321, 2012.

COSTA, C. C. A.; OLIVEIRA, F. L.; CAMACHO, R. G. V.; DANTAS, I. M.; MARACAJÁ, P. B. Entomofauna presente no conteúdo da serapilheira em área de caatinga na floresta nacional do Açu-RN. **Revista Verde**, v. 8, n. 4, p. 50-56, 2013.

COSTA, C. C. A.; SOUZA, A. M.; SILVA, N. F.; CAMACHO, R. G. V.; DANTAS, I. M. Produção de serapilheira na caatinga da Floresta Nacional do Açu-RN. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 246-248, 2007.

COTTA, M. K.; JACOVINE, L. A. G.; PAIVA, H. N. D.; SOARES, C. P. B.; FILHO, A. D. C. V.; VALVERDE, S. R. Quantificação de biomassa e geração de certificados de

emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 969-978, 2008.

DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 485- 510, 2007.

DAVIS, M. R.; ALVES, B. J. R.; KARLEN, D. L.; KLINE, K. L.; GALDOS, M.; ABULEBDEH, D. Review of soil organic carbon measurement protocols: A U.S. and Brazil comparison and recommendation. **Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 53-72, 2018.

DE BEENHOUWER, M.; GEERAERT, L.; MERTENS, J.; VAN GEEL, M.; AERTS, R.; VANDERHAEGEN, K.; HONNAY, O. Biodiversity and carbon storage co-benefits of coffee agroforestry across a gradient of increasing management intensity in the SW Ethiopian highlands. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 222, p. 193-199, 2016.

DEFRENET, E.; ROUPSARD, O.; VAN DEN MEERSCHE, K.; CHARBONNIER, F.; PÉREZ-MOLINA, J. P.; KHAC, E.; PRIETO, I.; STOKES, A.; ROUMET, C.; RAPIDEL, B.; VIRGINIO FILHO, E. M.; VARGAS, V. J.; ROBELO, D.; BARQUERO, A.; JOURDAN, C. Root biomass, turnover and net primary productivity of a coffee agroforestry system in Costa Rica: effects of soil depth, shade trees, distance to row and coffee age. **Annals of botany**, v. 118, n. 4, p. 833-851, 2016.

DELGADO, V.; DAZA, C.; LUNA, C.; FERNEY, L.; FORERO, P. Carbon stock quantification of *Morella pubescens* (Willd.) Wilbur in two agroecosystems, Nariño, Colombia. **Revista Colombia Forestal**, v. 19, n. 2, p. 209-217, 2016.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996, p. 25-37.

DOSSA, E. L.; FERNANDES, E. C. M.; REID, W. S.; EZUI, K. Above and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation. **Agroforestry Systems**, v. 72, n. 2, p. 103-115, 2008.

DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. D. M.; MATOS, M. Relationship between lignin content and quality of *Pinus taeda* seedlings. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 905-913, 2015.

EHRENBERGEROVÁ, L.; CIENCIALA, E.; KUČERA, A.; GUY, L.; HABROVÁ, H. Carbon stock in agroforestry coffee plantations with different shade trees in Villa Rica, Peru. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 3, p. 433-445, 2016.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 75, n. 4, p. 529-538, 1995.

FANG, S.; HAILING, L. I.; SUN, Q.; CHEN, L. Biomass production and carbon stocks in poplar-crop intercropping systems: a case study in northwestern Jiangsu, China. **Agroforestry Systems**, v. 79, n. 2, p. 213-222, 2010.

FELICIANO, D.; LEDO, A.; HILIER, J.; NAYAK, D. R. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 265, p. 117-129, 2018.

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A.; WILKINSON, S. R. Bermudagrass management in the Southern Piedmont USA: I. Soil and surface residue carbon and sulfur. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 3, p. 834-841, 2001.

FRITZSONS, E.; DE MATTOS, P. P.; DE AGUIAR, A. V.; BRAZ, E.; GRABIAS, J.; FERRAZ, M. Crescimento da *Grevillea robusta* em diferentes sítios edafoclimáticos no Estado do Paraná. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 383-392, 2014.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; NAIR, P. R.; NAIR, V. D.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BALIGAR, V. C.; MACHADO, R. C. Carbon storage in soil size fractions under two cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. **Environmental management**, v. 45, n. 2, p. 274-283, 2010.

GAMI, S. K.; LAUREN, J. G.; DUXBURY, J. M. Soil organic carbon and nitrogen stocks in Nepal long-term soil fertility experiments. **Soil and Tillage Research**, v. 106, n. 1, p. 95-103, 2009.

GARDINER, B.; BERRY, P.; MOULIA, B. Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. **Plant Science**, v. 245, p. 94-118, 2016.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; VILLANI, E. M. A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 895-905, 2011.

GE, G.; LI, Z.; FAN, F.; CHU, G.; HOU, Z.; LIANG, Y. Soil biological activity and their

seasonal variations in response to long-term application of organic and inorganic fertilizers. **Plant and Soil**, v. 326, n. 1-2, p. 31-44, 2010.

GEO, B. P. **Biomass and carbon sequestration in silver oak (*Grevillea robusta* A. Cunn) stands in the midlands of Kerala**. Thrissur-Kerala: KAU, 2013, 115 p. Thesis (Master of Science in Forestry) – Kerala Agricultural University.

GHEZEHEI, S. B.; EVERSON, C. S.; ANNADALE, J. G. Can productivity and post-pruning growth of *Jatropha curcas* in silvopastoral systems be regulated by manipulating tree spacing/arrangement without changing tree density? **Biomass and Bioenergy**, n. 74, p. 233-4-243, 2015.

GLAESER, D. F.; MERCANTE, F. M.; ALVES, M. A. M.; SILVA, R. F. E.; KOMORI, O. M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 14, n. 2, p. 103-114, 2010.

GRACE, J. Plant response to wind. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 22/23, p. 71-88, 1998.

GUILLEMOT, J.; LE MAIRE, G.; MUNISHAMAPPA, M.; CHARBONNIER, F.; VAAST, P. Native coffee agroforestry in the Western Ghats of India maintains higher carbon storage and tree diversity compared to exotic agroforestry. **Agriculture, ecosystems and environment**, v. 265, p. 461-469, 2018.

GUIMARÃES, N. D. F.; GALLO, A. D. S.; FONTANETTI, A.; MENEGHIN, S. P.; SOUZA, M. D.; MORINIGO, K. P.; SILVA, R. F. D. Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 34-44, 2017.

HENNERON, L.; CHAUVAT, M.; ARCHAUX, F.; AKPA-VINCESLAS, M.; BUREAU, F.; DUMAS, Y.; NINGRE, F.; RICHTER, C.; BALANDIER, P.; AUBERT, M. Plasticity in leaf litter traits partly mitigates the impact of thinning on forest floor carbon cycling. **Functional Ecology**, v. 32, n. 12, p. 2777-2789, 2018.

HENSKENS, F. L.; BATTAGLIA, M.; CHERRY, M. L.; BEADLE, C. L. Physiological basis of spacing effects on tree growth and form in *Eucalyptus globulus*. **Trees**, v. 15, n. 6, p. 365-377, 2001.

HERGOUALC'H, K.; BLANCHART, E.; SKIBA, U.; HÉNAULT, C.; HARMAND, J. M.

Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 148, p. 102-110, 2012.

HONTORIA, C.; GÓMEZ-PACCARD, C.; MARISCAL-SANCHO, I.; BENITO, M.; PÉREZ, J.; ESPEJO, R. Aggregate size distribution and associated organic C and N under different tillage systems and Ca-amendment in a degraded Ultisol. **Soil and Tillage Research**, v. 160, p. 42-52, 2016.

HUANG, S.; PENG, X.; HUANG, Q.; ZHANG, W. Soil aggregation and organic carbon fractions affected by long-term fertilization in a red soil of subtropical China. **Geoderma**, v. 154, n. 3-4, p. 364-369, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, outubro 2018. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Guidelines or National Greenhouse Inventories: Agriculture, Forestry and Other Land Use**. Hayama, Japan: IPCC/IGES, v. 4, 2006, 673 p.

JANDL, R.; RODEGHIERO, M.; MARTINEZ, C.; COTRUFO, M. F.; BAMPA, F.; VAN WESEMAEL, B.; HARRISON, R. B.; GUERRINI, I. A.; RICHTER JR., D. D.; RUSTAD, L.; LORENZ, K.; CHABBI, A.; MIGLIETTA, F. Current status, uncertainty and future needs in soil organic carbon monitoring. **Science of the Total Environment**, v. 468, p. 376-383, 2014.

JANGRA, R.; GUPTA, S. R.; KUMAR, R.; SINGH, G. Carbon sequestration in the *Grevillea robusta* plantation on a reclaimed sodic soil at Karnal in Northern India. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v. 36, n. 1, p. 75-86, 2010.

JARAMILLO-BOTERO, C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

JAYARAMAN, K.; MURALEEDHARAN, P. K.; GNANAHARAN, R. **Evaluation of social forestry plantations raised under the World Bank scheme in Kerala**. Thrissur: Kerala Forest Research Institute Peechi (Research Report, 85), 1992, 25 p.

JENKINSON, D. S.; COLEMAN, K. The turnover of organic carbon in subsoils. Part 2. Modelling carbon turnover. **European Journal of Soil Science**, v. 59, n. 2, p. 400-413, 2008.

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

JOSÉ, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009.

KALINGANIRE, A. Performance of *Grevillea robusta* in plantations and on farms under varying environmental conditions in Rwanda. **Forest Ecology and Management**, v. 80, n. 1-3, p. 279-285, 1996.

KAONGA, M.; BAYLISS-SMITH, T. P. Allometric equations for estimation of aboveground carbon stocks in improved fallows in eastern Zambia. **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 3, p. 217-232, 2010.

KEITH, H.; BARRETT, D.; KEENAN, R. **Review of allometric relationships for estimating woody biomass for New South Wales, The Australian Capital Territory, Victoria, Tasmania and South Australia**. Canberra: Australian Greenhouse Office (National Carbon Accounting System Technical Report, n. 5b), 2000, 111 p.

KESSLER, M.; HERTEL, D.; JUNGKUNST, H. F.; KLUGE, J.; ABRAHAMCZYK, S.; BOS, M.; BUCHORI, D.; GEROLD, G.; GRADSTEIN, S. R.; KÖHLER, S.; LEUSCHNER, C.; MOSER, G.; PITOPANG, R.; SALEH, S.; SCHULZE, C. H.; SPORN, S. G.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TJITROSOEDIRJO, S. S.; TSCHARNTKE, T. Can joint carbon and biodiversity management in tropical agroforestry landscapes be optimized?. **PLoS One**, v. 7, n. 10, 2012.

KÖCHY, M.; HIEDERER, R.; FREIBAUER, A. Global distribution of soil organic carbon – Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. **Soil**, v. 1, n. 1, p. 351-365, 2015.

KUMAR, R.; PANDEY, K. K.; CHANDRASHEKAR, N.; MOHAN, S. Effect of tree-age on calorific value and other fuel properties of *Eucalyptus* hybrid. **Journal of Forestry Research**, v. 21, n. 4, p. 514-516, 2010.

KUYAH, S.; DIETZ, J.; MUTHURI, C.; JAMNADASS, R.; MWANGI, P.; COE, R.; NEUFELDT, H. Allometric equations for estimating biomass in agricultural landscapes: II. Belowground biomass. **Agriculture Ecosystem and Environment**, v. 158, p. 225-234, 2012b.

KUYAH, S.; DIETZ, J.; MUTHURI, C.; JAMNADASS, R.; MWANGI, P.; COE, R.; NEUFELDT, H. Allometric equations for estimating biomass in agricultural landscapes: I. Aboveground biomass. **Agriculture Ecosystem and Environment**, v. 158, p. 216-224, 2012a.

LACHOWICZ, H.; SAJDAK, M.; PASCHALIS-JAKUBOWICZ, P.; CICHY, W.; WOJTAN, R.; WITCZAK, M. The influence of location, tree age and forest habitat type on basic fuel properties of the wood of the silver birch (*Betula pendula* Roth.) in Poland. **Bioenergy Research**, v. 11, n. 3, p. 638-651, 2018.

LAL, R. Carbon sequestration. Philosophical transactions of the Royal Society of London B: **Biological Sciences**, v. 363, n. 1492, p. 815-830, 2008.

LAL, R. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. **Bioscience**, v. 60, n. 9, p. 708-721, 2010.

LAMLON, S. H.; SAVIDGE, R. A. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. **Biomass and Bioenergy**, v. 25, n. 4, p. 381-388, 2003.

LEITE, E. R. S.; PROTÁSIO, T. P.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F.; VALLE, M. L. A.; SIQUEIRA, H. F. Composição química elementar da madeira e do carvão vegetal de *Coffea arabica* para uso bioenergético. **Coffee Science**, v. 10, n. 4, p. 537-547, 2015.

LEWIS, S. L.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; SONKE, B.; AFFUM-BAFFOE, K.; BAKER, T. R.; OJO, L. O.; PHILLIPS, O. L.; REITSMA, J. M.; WHITE, L.; COMISKEY, J. A.; DJUIKOUO, M-N. K; EWANGO, C. E. N.; FELDPAUSCH, T. R.; HAMILTON, A. L.; GLOOR, M.; HART, T.; HLADIK, A.; LLOYD, J.; LOVETT, J. C.; MAKANA, J. R.; MALHI, Y.; MBAGO, F. M.; NDANGALASI, H. J.; PEACOCK, J.; PEH, K.S.H.; SHEIL, D.; SUNDERLAND, T. C. H.; SWAINE, M. D.; TAPLIN, J.; TAYLOR, D.; THOMAS, S. C.; VOTERE, R.; WOLL. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. **Nature**, v. 457, p. 1003-1006, 2009.

- LORENZ, K; LAL, R. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 2, p. 443-454, 2014.
- LOTT, J. E.; HOWARD, S. B.; BLACK, C. R.; ONG, C. K. Allometric estimation of above-ground biomass and leaf area in managed *Grevillea robusta* agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 49, n. 1, p. 1-15, 2000.
- LUO, T.; BROWN, S.; PAN, Y.; SHI, P.; OUYANG, H.; YU, Z.; ZHU, H. Root biomass along subtropical to alpine gradients: global implications from Tibetan transect studies. **Forest Ecology and Management**, v. 206, n. 1-3, p. 349-363, 2005.
- MARCHIN, R. M.; STOUT, A. T.; DAVIS, A. A.; KING, J. S. Transgenically altered lignin biosynthesis affects photosynthesis and water relations of field-grown *Populus trichocarpa*. **Biomass and Bioenergy**, v. 98, p. 15-25, 2017.
- MARTIN, A. R.; THOMAS, S. C. A reassessment of carbon content in tropical trees. **PloS One**, v. 6, n. 8, p. 1-9, 2011.
- MARTINEZ, H. E. P.; AUGUSTO, H. S.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W.; SAMPAIO, N. F. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 4, 2007.
- MARTINS NETO, F. L. **Caracterização e avaliação da sustentabilidade da cafeicultura na Chapada Diamantina – BA**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2009, 189 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- MARTINS NETO, F. L.; MATSUMOTO, S. N. Qualidade do solo e nutrição de plantas em sistemas de produção de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v. 5, n. 3, p. 206-213, 2010.
- MARTINS, C. M. **Atributos de solo e sua relação com o processo de desertificação no semiárido de Pernambuco**. Recife-PE: UFRPE, 2009, 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia.
- MATSUMOTO, S. N. **Arborização de Cafezais no Brasil**. Editora Uesb, Salvador-BA 2004, 212 p.
- MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; JUCKSCH, I.; FERNANDES, R. B. A.; GARCIA,

R. V. Fatores edáficos de cafezais arborizados: processo de aprendizado contínuo com agricultores familiares. In: ZAMBOLIM, L.; CAIXETA, E. T.; ZAMBOLIM, E. M. **Estratégias para produção de café com qualidade e sustentabilidade**. Viçosa-MG: UFV, 2010. p. 63-84.

MESQUITA, C. M. D.; REZENDE, J. E. D.; CARVALHO, J. S.; FABRI JÚNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. D.; ARAÚJO, W. G. D. **Manual do café: manejo de cafezais em produção**. EMATER-MG, Belo Horizonte, 2016. 72 p.

MEYLAN, L.; GARY, C.; ALLINNE, C.; ORTIZ, J.; JACKSON, L.; RAPIDEL, B. Evaluating the effect of shade trees on provision of ecosystem services in intensively managed coffee plantations. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 245, p. 32-42, 2017.

MOKANY, K.; RAISON, J. R.; PROKUSHKIN, A. Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. **Global Change Biology**, v. 12, p. 84-96, 2006.

MONROE, P. H. M.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MARQUES, J. R. B. Soil carbon stocks and origin under different cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 221, p. 99-108, 2016.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; KOGUISHI, M. S.; GOMES, J. C.; RIBEIRO, A. M. D. Floral buds development, flowering, photosynthesis and yield of coffee plants under shading conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 465-472, 2008.

MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. D. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003.

MUCHIRI, M.; MIINA, J.; PUKKALA, T. Yield of *Grevillea robusta* in the maize fields of Kenya. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 14, n. 4, p. 485-498, 2002.

MÜLLER, J. S. **Sistemas agroflorestais com café (*Coffea arabica* L.) e cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.) Bahadur) na Zona da Mata de Minas Gerais: estudo de caso**. Viçosa-MG: UFV, 2004, 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

MUSCHLER, R. G.; WINTGENS, J. N. Shade management and its effect on coffee growth and quality. In: WINTGENS J. N. (Ed.) **Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders and researchers.** Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag, 2009, p. 395-422.

MUTHURI, C. W.; ONG, C. K.; BLACK, C. R.; NGUMI, V. W.; MATI, B. M. Tree and crop productivity in *Grevillea*, *Alnus* and *Paulownia*-based agroforestry systems in semi-arid Kenya. **Forest Ecology and Management**, v. 212, n. 1-3, p. 23-39, 2005.

MYHRE, G.; SHINDELL, D.; BRÉON, F.-M.; COLLINS, W.; FUGLESTVEDT, J.; HUANG, J.; KOCH, D.; LAMARQUE, J.-F.; LEE, D.; MENDOZA, B.; NAKAJIMA, T.; ROBOCK, A.; STEPHENS, G.; TAKEMURA, T.; AND ZHANG, H. Anthropogenic and natural radiative forcing. In: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M (Eds). **Climate change 2013: The physical science basis.** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013, p. 659-740.

NAIR, P. K. R. Carbon sequestration studies in agroforestry systems: a reality-check. **Agroforestry Systems**, v. 86, n. 2, p. 243-253, 2012.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 1, p. 10-23, 2009a.

NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, B. M.; HAILE, S. G. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. **Environmental Science and Policy**, v. 12, n. 8, p. 1099-1111, 2009b.

NAIR, P. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, B. M.; SHOWALTER, J. M. Carbon sequestration in agroforestry systems. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 237-307, 2010.

NATH, C. D.; PÉLISSIER, R.; RAMESH, B. R.; GARCIA, C. Promoting native trees in shade coffee plantations of southern India: comparison of growth rates with the exotic *Grevillea robusta*. **Agroforestry Systems**, v. 83, n. 2, p. 107-119, 2011.

NATH, C. D.; SCHROTH, G.; BURSLEM, D. F. R. P. Why do farmers plant more exotic than native trees? A case study from the Western Ghats, India. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 230, p. 315-328, 2016.

NAVAR, J. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of

northwestern Mexico. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 2, p. 427-434, 2008.

NEGASH, M.; KANNINEN, M. Modeling biomass and soil carbon sequestration of indigenous agroforestry systems using CO₂ FIX approach. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 203, p. 147-155, 2015.

NEGASH, M.; STARR, M.; KANNINEN, M.; BERHE, L. Allometric equations for estimating aboveground biomass of *Coffea arabica* L. grown in the Rift Valley escarpment of Ethiopia. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 4, p. 953-966, 2013.

NETO, A. P. S.; BARRETO, P. A. B.; DA GAMA-RODRIGUES, E. F.; NOVAES, A. B.; DE PAULA, A. Produção de serapilheira em floresta estacional semidecidual e em plantios de *Pterogyne nitens* tul. e *Eucalyptus urophylla* ST Blake no sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 633-643, 2015.

NEUMANN-COSEL, L.; ZIMMERMANN, B.; HALL, J. S.; VAN BREUGEL, M.; ELSENBEEER, H. Soil carbon dynamics under young tropical secondary forests on former pastures - A case study from Panama. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1625-1633, 2011.

NOGUEIRA, M. O. G. **Estoque de carbono na biomassa radicular e no solo em ecossistema florestal em processo de recuperação**. Lavras-MG: UFLA, 2013, 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras.

NOPONEN, M. R.; HEALEY, J. R.; SOTO, G.; HAGGAR, J. P. Sink or source – the potential of coffee agroforestry systems to sequester atmospheric CO₂ into soil organic carbon. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 175, p. 60-68, 2013.

NOTARO, K. D. A.; MEDEIROS, E. V. D.; DUDA, G. P.; SILVA, A. O.; MOURA, P. M. D. Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 2, p. 87-95, 2014.

NOVAES, E.; KIRST, M.; CHIANG, V.; WINTER-SEDEROFF, H.; SEDEROFF, R. Lignin and biomass: a negative correlation for wood formation and lignin content in trees. **Plant Physiology**, v. 154, n. 2, p. 555-56, 2010.

NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**. v. 26, n. 1, 2010.

OLIVAS, D. B. L. **Cultivos consorciados de cafeeiro arábica**: caracterização morfológica, fisiológica e nutricional. Alegre-ES: UFES, 2018. 84 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

OLIVEIRA, C. V. **Estoque de carbono em solos sob floresta nativa, sistemas agroflorestais de cacau, plantio de seringueira e pasto no Sul da Bahia, Brasil**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2016, 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

OLIVEIRA, D. H. de. **Gestão estratégica na cafeicultura**: eficiência de fatores produtivos e quantificação de emissões de gases do efeito estufa. Lavras-MG: UFLA, 2015, 115 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, 2011.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. D. B.; VIANA, A. P.; MARTINS, M. A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil characteristics under conventional and organic coffee production systems. **Communications in soil Science and plant analysis**, v. 43, n. 5, p. 847-864, 2012.

PAULO, E. M.; FURLANI Jr, E. Yield performance and leaf nutrient levels of coffee cultivars under different plant densities. **Scientia agricola**, v. 67, n. 6, p. 720-726, 2010.

PAYÁN, F.; JONES, D. L.; BEER, J.; HARMAND, J. M. Soil characteristics below *Erythrina poeppigiana* in organic and conventional Costa Rican coffee plantations. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 1, p. 81-93, 2009.

PEREIRA, S. P.; BARTHOLO, G. F.; BALIZA, D. P.; SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J. Crescimento, produtividade e bienalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 152-160, 2011.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; PHILPOTT, S. M. Complex ecological interactions in the coffee agroecosystem. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 45, p. 137-158, 2014.

- PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010.
- PEZZOPANE, J. R. M.; SOUZA, P. S. D.; ROLIM, G. D. S.; GALLO, P. B. Microclimate in coffee plantation grown under grevillea trees shading. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 201-206, 2011.
- PICARD, N.; SAINT-ANDRÉ, L.; HENRY, M. **Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurements to prediction**. FAO/ CIRAD, Rome/Montpellier, 2012, p. 215.
- PINOARGOTE, M.; CERDA, R.; MERCADO, L.; AGUILAR, A.; BARRIOS, M.; SOMARRIBA, E. Carbon stocks, net cash flow and family benefits from four small coffee plantation types in Nicaragua. **Forests, Trees and Livelihoods**, v. 26, n. 3, p. 183-198, 2017.
- PINTO, S. I. D. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F. D.; DIAS, H. C. T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, 2009.
- POORTER, L.; BONGERS, F. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. **Ecology**, v. 87, n. 7, p. 1733-1743, 2006.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, J. Fertilidade do solo e produtividade da pastagem em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 53-61, 2012.
- RATUCHNE, L. C.; KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHAMNE, P. A. Estado da arte na quantificação de biomassa em raízes de formações florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 450-462, 2016.
- RAVINDRANATH, N. H.; OSTWALD, M. Methods for estimating above-ground biomass. In: **Carbon Inventory Methods Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects**. Advances in Global Change Research, v. 29. Dordrecht: Springer, 2008, p. 113-147.
- REGINA, S. B. **Efectos de la densidad de plantación sobre la biomasa aérea y**

las propiedades físico-mecánicas de lamadera de *Grevillea robusta* A. Cunningham. Córdoba: UNC, 2016, 151 p. Tesis (Doctoren Ciencias Agropecuarias) – Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

RESH, S. C.; BATTAGLIA, M.; WORLEDGE, D.; LADIGES, S. Coarse root biomass for eucalypt plantations in Tasmania, Australia: sources of variation and methods for assessment. **Trees**, v. 17, n. 5, p. 389-399, 2003.

RICCI, M. D. S. F.; JUNIOR, D. G. C.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiro em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA, N. G. Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. **Coffee Science**, v. 6, n. 1, p. 44-54, 2011.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; PINTO, A. N.; SANTOS, V. L. S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 4, p. 569-575. 2006.

ROCHA, D.; KUNHAMU, T. K.; SANTHOSHKUMAR, A. V.; JAMALUDHEEN, V.; RAJ, A. K. Biomass and carbon stocks in 12-year-old *Acacia mangium* managed at variable density and pruning regimes in central Kerala, India. **Indian Journal of Agroforestry**, v. 19, n. 1, p. 69-74, 2017.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F.; MARTINS, S. C. V.; CAVATTE, P. C.; SILVA, P. E. M.; MORAIS, L. E.; PEREIRA, L. F.; REIS, J. V.; ÁVILA, R. T.; GODOY, A. G.; LAVINSKI, A. O.; DAMATTA, F. M. Morphological and physiological acclimations of coffee seedlings to growth over a range of fixed or changing light supplies. **Environmental and Experimental Botany**, v. 102, p. 1-10, 2014.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; MOURA, O. V. T.; ALMEIDA, A. P. C. Vias de formação, estabilidade e características químicas de agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1677-1685, 2016.

RUF, F. O. The myth of complex cocoa agroforests: the case of Ghana. **Human Ecology**, v. 39, n. 3, p. 373, 2011.

SAATCHI, S. S.; HARRIS, N. L.; BROWN, S.; LEFSKY, M.; MITCHARD, E. T. A.;

SALAS, W.; ZUTTA, B. R.; BUERMANN, W.; LEWIS, S. L.; HAGEN, S. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States**, v. 108, p. 9899-9904, 2011.

SAINJU, U. M.; SENWO, Z. N.; NYAKATAWA, E. Z.; TAZISONG, I. A.; REDDY, K. C. Soil carbon and nitrogen sequestration as affected by long-term tillage, cropping systems, and nitrogen fertilizer sources. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 127, n. 3-4, p. 234-240, 2008.

SAKAI, E.; BARBOSA, E. A. A.; SILVEIRA, J. M. C.; Pires, R. C. M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural water management**, v. 148, p. 16-23, 2015.

SALGADO-MORA, M. G.; RUIZ-BELLO, C.; MORENO-MARTÍNEZ; J. L., IRENA-MARTÍNEZ, B.; AGUIRRE-MEDINA; J. F. Captura de carbono em biomassa aérea de árvores de sombra associados a *Coffea arabica* L. em el Soconusco Chiapas, México. **Agroproductividad**, v. 11, n. 2, 2018.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 183-189, 2009.

SANER, P.; LOH, Y. Y.; ONG, R. C.; HECTOR, A. Carbon stocks and fluxes in tropical lowland dipterocarp rainforests in Sabah, Malaysian Borneo. **PloS One**, v. 7, n. 1, 2012.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA C. R, WATZLAWICK L. F, BALBINOT, R. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba-PR: Imprensa Universitária da UFPR, 2002, p. 119-140.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; SIMON, A.; PSCHIEDT, H.; RUZA, M. S.; MOCHIUTTI, S. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 361-370, 2014.

SANTOS, A. J.; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R.; CARMO, A. P. C. Viabilidade econômica

do sistema agroflorestal grevilea x café na região Norte do Paraná. **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 89-100, 2000.

SANTOS, P. S. D.; SOUZA, J. T.; DOS SANTOS, J. M. F. F.; SANTOS, D. M.; ARAÚJO, E. L. Diferenças sazonais no aporte de serapilheira em uma área de caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 94-101, 2011.

SCHARLEMANN, J. P.; TANNER, E. V.; HIEDERER, R.; KAPOS, V. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. **Carbon Management**, v. 5, n. 1, p. 81-91, 2014.

SCHIKOWSKI, A. B.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. Modelagem do crescimento e de biomassa individual de Pinus. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 269-278, 2013.

SCHMITT-HARSH, M.; EVANS, T. P.; CASTELLANOS, E.; RANDOLPH, J. C. Carbon stocks in coffee agroforests and mixed dry tropical forests in the western highlands of Guatemala. **Agroforestry Systems**, v. 86, n. 2, p. 141-157, 2012.

SCURFIELD, G.; WARDROP, A. B. The nature of reaction wood. VI. The reaction anatomy of seedlings of woody perennials. **Australian Journal of Botany**, v. 10, n. 2, p. 93-105, 1962.

SEGURA, M.; ANDRADE, H. J. Como construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especiesleñosasperennes? **Agroforesteriaem las Américas**, v. 46, p. 89-96, 2008.

SEGURA, M.; KANNINEN, M. Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica 1. **Biotropica: The Journal of Biology and Conservation**, v. 37, n. 1, p. 2-8, 2005.

SEGURA, M.; KANNINEN, M.; SUÁREZ, D. Allometric equations for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. **Agroforestry Systems**, v. 68, n. 2, p. 143-150, 2006.

SEI – SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Estatísticas dos Municípios Baianos**. Salvador-BA: 2014. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/estatisticas_municipios/est_mun_v4_chapada_diamantina.zip>. Acesso em: 15 mar. 2017.

SEI – SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA.

Estatísticas dos Municípios Baianos. Salvador-BA: 2013. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/estatisticas_municipios/est_mun_v4_vitoria_da_conquista.zip>. Acesso em: 15 mar. 2017.

SHARROW, S. H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agroforestry Systems**, v. 60, n. 2, p. 123-130, 2004.

SILES, P.; HARMAND, J. M.; VAAST, P. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 1, p. 269-286, 2010.

SILVA, A. B. D., MANTOVANI, J. R.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. L. N. Estoques de carbono no solo e em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Interciencia**, v. 38, n. 4, p. 286, 2013.

SILVA, E. A.; SILVA, S. H. G.; OLIVEIRA, G. C.; CARDUCCI, C. E. Root spatial distribution in coffee plants of different ages under conservation management system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 49, p. 4970-4978, 2016.

SISWANTO; SUMANTO; HARTATI, R. S.; PRASTOWO, B. Biomass of cocoa and sugarcane. **IOP Publishing**, v. 65, n. 3, p. 1-9, 2017.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v. 79, n. 1, p. 7-31, 2004.

SOARES, B. S. Práticas de manejo e conservação do solo da cultura cafeeira na bacia hidrográfica do Riacho Água Fria, Barra do Choça-Bahia. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 191-200, 2016.

SOCHACKI, S. J.; RITSON, B.; HARPER, R. J.; DELL, B. Accuracy of tree root biomass sampling methodologies for carbon mitigation projects. **Ecological Engineering**, v. 98, p. 264-274, 2017.

SOMARRIBA, E.; CERDA, R.; OROZCO, L.; CIFUENTES, M.; DÁVILA, H.; ESPIN, T.; MAVISOY, H.; ÁVILA, G.; ALVARADO, E.; POVEDA, V.; ASTORGA, C.; SAY, E.; DEHEUELS, O. Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 173, p. 46-57, 2013.

SOTO-PINTO, L.; ANZUETO, M.; MENDOZA, J.; FERRER, G. J.; DE JONG, B.

Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, Mexico. **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 1, p. 39-51, 2010.

SOUZA, G. S. D.; DAN, M. L.; ARAÚJO, J. B. S. Qualidade física do solo sob cafeeiro conilon consorciado e em monocultivo. **Coffee Science**, v. 11, n. 2, p. 180-186, 2016.

SOUZA, H. N.; GRAAFF, J.; PULLEMAN, M. M. Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome. **Agroforestry Systems**, v. 84, n. 2, p. 227-242, 2012.

TADESSE, G.; ZAVALETA, E.; SHENNAN, C. Effects of land-use changes on woody species distribution and above-ground carbon storage of forest-coffee systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 197, p. 21-30, 2014.

TEFERA, B.; RUELLE, M. L.; ASFAW, Z.; ABRAHA TSEGAY, B. Woody plant diversity in an Afromontane agricultural landscape (Debank District, northern Ethiopia). **Forests, Trees and Livelihoods**, v. 23, n. 4, p. 261-279, 2014.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. Ed. Embrapa Solos, Brasília, Brasil, 2017. 573 p.

THAKUR, S.; KUMAR, B. M.; KUNHAMU, T. K. Coarse root biomass, carbon, and nutrient stock dynamics of different stem and crown classes of silver oak (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex. R. Br.) plantation in Central Kerala, India. **Agroforestry Systems**, v. 89, n. 5, p. 869-883, 2015.

THIERSCH, A. **A eficiência das distribuições diamétricas para prognose de produção de *Eucalyptus camaldulensis***. Lavras-MG: UFLA, 1997, 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras.

THOMAS, S. C.; MARTIN, A. R. Carbon content of tree tissues: A synthesis. **Forests**, v. 3, n. 2, p. 332-352, 2012.

THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C. A.; PINHEIRO, P. L.; DE SÁ MENDONÇA, E. Indicadores participativos de qualidade do cafeeiro conilon e do solo em sistema agroflorestal e convencional. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1469-1478, 2013.

THOMAZINI, A.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; GARBIN, M. L. SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rain forest of Brazil. **Geoderma Regional**, v. 5, p. 15-24, 2015.

- TOBIN, B.; ČERMÁK, J.; CHIATANTE, D.; DANJON, F.; DI IORIO, A.; DUPUY, L.; ESHEL, A.; JOURDAN, C.; KALLIOKOSKI, T.; LAIHO, R.; NADEZHINA, N.; NICOLL, B.; PAGÈS, L.; SILVA, J.; SPANOS, I. Towards developmental modelling of tree root systems. **Plant Biosystems**, v. 141, n. 3, p. 481-501, 2007.
- TONUCCI, R. G.; NAIR, P. K.; NAIR, V. D.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S. Soil carbon storage in silvopasture and related land-use systems in the Brazilian Cerrado. **Journal of environmental quality**, v. 40, n. 3, p. 833-841, 2011.
- TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; BHAGWAT, S. A.; BUCHORI, D.; FAUST, H.; HERTEL, D.; HÖLSCHER, D.; JUHRBANDT, J.; KESSLER, M.; PERFECTO, I.; SCHERBER, C.; SCHROTH, G.; VELDKAMP, E.; WANGER, T. C. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes—a review. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 3, p. 619-629, 2011.
- VALENCIA, V.; WEST, P.; STERLING, E. J.; GARCÍA-BARRIOS, L.; NAEEM, S. The use of farmers' knowledge in coffee agroforestry management: implications for the conservation of tree biodiversity. **Ecosphere**, v. 6, n. 7, p. 1-17, 2015.
- VALENTINI, L. S. P.; CAMARGO, M. B. P.; ROLIM, G. DE S.; SOUZA, P. S.; GALLO, P. B. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivo e arborizado com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa, SP. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 1005-1010, 2010.
- VAN NOORDWIJK, M.; RAHAYU, S.; HAIRIAH, K.; WULAN, Y. C.; FARIDA, A.; VERBIST, B. Carbon stock assessment for a forest-to-coffee conversion landscape in Sumber-Jaya (Lampung, Indonesia): from allometric equations to land use change analysis. **Science in China Series C Life Sciences-English Edition**, v. 45, p. 75-86, 2002.
- VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P.; DE ARAÚJO, E. F. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2012.
- WANG, X. W.; WENG, Y. H.; LIU, G. F.; KRASOWSKI, M. J.; YANG, C. P. Variations in carbon concentration, sequestration and partitioning among *Betula platyphylla* provenances. **Forest Ecology and Management**, v. 358, p. 344-352, 2015.
- YEBOAH, D. **Variation in carbon content of tropical tree species from Ghana.**

Houghtown-Michigan: MTU, 2011, 63 p. Thesis (Master of Science in Applied Ecology) – Michigan Technological University.

YOUKHANA A. H.; IDOL T. W. Allometric equations for predicting above and belowground biomass of *Leucaena* KX2 in a shaded coffee agroecosystem in Hawaii. **Agroforestry Systems**, v. 83, n. 3, p. 331-345, 2011.

ZHANG, H.; WANG, K.; ZENG, Z.; DU, H.; ZENG, F. Biomass and Carbon Sequestration by *Juglans regia* Plantations in the Karst Regions of Southwest China. **Forests**, v. 8, n. 4, p. 103, 2017.

ZHOU, Z.; SUN, O.; HUANG, J.; LI, L.; LIU, P.; HAN, X. Soil carbon and nitrogen stores and storage potential as affected by land–use in an agro–pastoral ecotone of northern China. **Biogeochemistry**, v. 82, n. 2, p. 127-138, 2007.

ZOMER, R. J.; TRABUCCO, A.; COE, R.; PLACE, F. **Trees on farm**: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry. Nairobi: World Agroforestry Centre (ICRAF Working Paper, n. 89), 2009, 63 p.