REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

CRESCIMENTO INICIAL DE CLONES DE *Coffea canephora* SOB SOMBREAMENTO: ACLIMATAÇÃO FUNCIONAL OU EVITAMENTO DE SOMBRA?

INITIAL GROWTH OF *Coffea canephora* CLONES UNDER SHADE: FUNCTIONAL ACCLIMATION OR SHADE AVOIDANCE?

CRECIMIENTO INICIAL DE CLONES DE *Coffea canephora* BAJO SOMBRA: ¿ACLIMATACIÓN FUNCIONAL O EVITACIÓN DE SOMBRA?

Andrey Luis Bruyns de Sousa
Doutor em Agronomia Tropical, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Brasil
E-mail: andrey.luis@ifam.edu.br

Katarina Cordovil de Nazaré
Mestranda em Ciências Tecnologia e Saúde, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Brasil
E-mail: katarina.cordovil@ufam.edu.br

Resumo
O sombreamento vem sendo avaliado como prática de manejo para cafeeiros cultivados em regiões tropicais sujeitas a alta radiação, temperaturas elevadas e irregularidade hídrica. Em *Coffea canephora*, a resposta à menor irradiância varia conforme o genótipo, a idade da planta, a espécie associada, a intensidade da sombra e a competição por água e nutrientes. Esta revisão narrativa estruturada, de orientação aplicada, examinou evidências sobre crescimento inicial, arquitetura da planta e aclimatação morfofisiológica de clones e genótipos de *C. canephora* em ambientes sombreados, com ênfase na distinção entre aclimatação funcional e evitamento de sombra. A busca foi conduzida em bases abertas, no Portal de Periódicos da CAPES e no Google Acadêmico como rota complementar, reunindo estudos sobre robusta/conilon sob menor irradiância, mudas, sistemas agroflorestais, microclima, fisiologia da luz e variáveis biométricas. O material analisado indica que a cobertura vegetal pode atenuar extremos microclimáticos e reduzir a demanda evaporativa; quando excessiva ou mal distribuída, entretanto, pode limitar a assimilação de carbono, intensificar a competição e favorecer alongamento desproporcional. A altura, isoladamente, não permite julgar a qualidade do crescimento. A interpretação torna-se mais consistente quando articula diâmetro do colo, relação altura/diâmetro, número de folhas, comprimento de entrenós, vigor, índice relativo de clorofila estimado por SPAD, irradiância, temperatura do ar e, quando disponível, temperatura foliar e trocas gasosas. Em ambientes amazônicos, a sombra deve ser manejada conforme o clone, o arranjo produtivo e a fase de desenvolvimento. A contribuição central da revisão é uma matriz interpretativa qualitativa que integra indicadores biométricos, fisiológicos e microclimáticos para orientar a distinção, em campo, entre aclimatação funcional e evitamento de sombra.

Palavras-chave: café robusta; arquitetura de planta; plasticidade morfofisiológica; sistemas agroflorestais; microclima.

Abstract
Shading has been evaluated as a management practice for coffee crops grown in tropical regions exposed to high radiation, elevated temperatures, and irregular water availability. In *Coffea*

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

canephora, responses to reduced irradiance vary according to genotype, plant age, associated species, shade intensity, and competition for water and nutrients. This structured narrative review, with an applied orientation, examined evidence on early growth, plant architecture, and morphophysiological acclimation of *C. canephora* clones and genotypes under shaded environments, with emphasis on the distinction between functional acclimation and shade avoidance. The search was conducted in open databases, the CAPES Journals Portal, and Google Scholar as a complementary route, gathering studies on robusta/conilon coffee under reduced irradiance, seedlings, agroforestry systems, microclimate, light physiology, and biometric variables. The evidence indicates that vegetation cover may buffer microclimatic extremes and reduce evaporative demand; when excessive or poorly distributed, however, it can limit carbon assimilation, intensify competition, and favor disproportionate elongation. Plant height alone does not allow an adequate assessment of growth quality. Interpretation becomes more consistent when collar diameter, height/diameter ratio, number of leaves, internode length, vigor, SPAD-estimated relative chlorophyll index, irradiance, air temperature, and, when available, leaf temperature and gas exchange are jointly considered. In Amazonian environments, shade should be managed according to clone, production arrangement, and developmental stage. The central contribution of this review is a qualitative interpretative matrix that integrates biometric, physiological, and microclimatic indicators to guide field distinction between functional acclimation and shade avoidance.
Keywords: robusta coffee; plant architecture; morphophysiological plasticity; agroforestry systems; microclimate.

Resumen

El sombreado se ha evaluado como práctica de manejo para cafetales cultivados en regiones tropicales expuestas a alta radiación, temperaturas elevadas e irregularidad hídrica. En *Coffea canephora*, la respuesta a la menor irradiancia varía según el genotipo, la edad de la planta, la especie asociada, la intensidad de la sombra y la competencia por agua y nutrientes. Esta revisión narrativa estructurada, con orientación aplicada, examinó evidencias sobre crecimiento inicial, arquitectura de la planta y aclimatación morfofisiológica de clones y genotipos de *C. canephora* en ambientes sombreados, con énfasis en la distinción entre aclimatación funcional y evitación de sombra. La búsqueda se realizó en bases abiertas, en el Portal de Periódicos de la CAPES y en Google Académico como ruta complementaria, reuniendo estudios sobre café robusta/conilon bajo menor irradiancia, plántulas, sistemas agroforestales, microclima, fisiología de la luz y variables biométricas. El material analizado indica que la cobertura vegetal puede atenuar extremos microclimáticos y reducir la demanda evaporativa; cuando es excesiva o está mal distribuida, sin embargo, puede limitar la asimilación de carbono, intensificar la competencia y favorecer el alargamiento desproporcionado. La altura, considerada de forma aislada, no permite evaluar adecuadamente la calidad del crecimiento. La interpretación se vuelve más consistente cuando articula diámetro del cuello, relación altura/diámetro, número de hojas, longitud de entrenudos, vigor, índice relativo de clorofila estimado por SPAD, irradiancia, temperatura del aire y, cuando están disponibles, temperatura foliar e intercambio gaseoso. En ambientes amazónicos, la sombra debe manejarse según el clon, el arreglo productivo y la fase de desarrollo. La contribución central de esta revisión es una matriz interpretativa cualitativa que integra indicadores biométricos, fisiológicos y microclimáticos para orientar, en campo, la distinción entre aclimatación funcional y evitación de sombra.
Palabras clave: café robusta; arquitectura de la planta; plasticidad morfofisiológica; sistemas agroforestales; microclima.

1. Introdução

O cultivo de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner ocupa posição estratégica na cafeicultura tropical. A espécie reúne materiais comercialmente

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

reconhecidos como robusta e conilon, adaptados a regiões quentes, de menor altitude e sujeitas a restrições hídricas. Na Amazônia Ocidental, o desenvolvimento dos Robustas Amazônicos consolidou o uso de clones ajustados às condições regionais, com elevado potencial produtivo e flexibilidade para compor lavouras multiclonares (TEIXEIRA et al., 2020). A expansão técnica da cultura exige avaliação criteriosa das práticas de manejo em interação com genótipo, ambiente e sistema produtivo.

A literatura apresenta o sombreamento como alternativa para reduzir a exposição a temperaturas elevadas, radiação intensa e oscilações na oferta de água. DaMatta (2004) revisa restrições ecofisiológicas em cafeeiros sombreados e a pleno sol e mostra que os benefícios da cobertura tendem a crescer quando o ambiente se afasta das condições ideais de cultivo. A mesma síntese registra que lavouras a pleno sol podem superar sistemas sombreados quando água, nutrientes, material genético e manejo estão bem ajustados. DaMatta e Ramalho (2006) complementam essa interpretação ao tratar a seca e as temperaturas desfavoráveis como limitações fisiológicas relevantes para *Coffea arabica* e *Coffea canephora*.

Em *C. canephora*, a resposta à redução luminosa não segue padrão único. A meta-análise de Piato et al. (2020), baseada em 30 estudos com robusta, mostra que a sombra pode favorecer crescimento, produtividade, variáveis fisiológicas e microclimáticas, mas seus efeitos variam com idade das plantas, idade das árvores, clone, local, regime de chuva e nível de sombreamento. O efeito positivo foi mais evidente em cafeeiros adultos; em plantas jovens, a resposta foi com frequência neutra ou negativa. Esse resultado limita interpretações gerais, tanto favoráveis quanto contrárias ao uso da sombra na espécie.

A etapa inicial de desenvolvimento requer atenção específica. Nesse período, a planta precisa formar área foliar, expandir o sistema radicular, aumentar o diâmetro do caule e manter equilíbrio entre crescimento vertical e sustentação. Dardengo et al. (2013), ao avaliarem mudas de conilon em recipientes e níveis de sombreamento, evidenciaram que a qualidade das mudas depende da leitura conjunta de altura, diâmetro, matéria seca, relação altura/diâmetro e índice de qualidade de Dickson. A altura, sozinha, não comporta o peso de indicador único de desempenho.

A distinção entre aclimatação funcional e evitamento de sombra orienta a interpretação desta revisão. Aclimatação envolve ajustes morfológicos e fisiológicos que permitem à planta explorar a radiação disponível sem perda de sustentação, vigor ou equilíbrio do crescimento. No recorte agronômico adotado aqui, evitamento de sombra designa respostas de alongamento acionadas por alterações na quantidade ou na qualidade da luz, sobretudo pela redução da razão vermelho/vermelho-distante e pela sinalização mediada por fitocromos, PIFs e rotas hormonais associadas à expansão caulinar, aos entrenós e à dominância apical (FRANKLIN, 2008; CASAL, 2013; PIERIK; DE WIT, 2014). Rodríguez-López et al. (2014), embora tenham trabalhado com *Coffea arabica*, sustentam que a aclimatação de mudas ao suprimento de luz envolve respostas de planta inteira, com mudanças em biomassa, número de folhas, área foliar, diâmetro, área foliar específica, fotossíntese, condutância estomática e fluorescência da clorofila.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

Em sentido estrito, estiolamento descreve respostas associadas à escotomorfogênese, observadas sobretudo em plântulas mantidas na ausência de luz, com formação de etioplastos, baixo acúmulo de clorofila e padrão morfogênico distinto daquele observado em plantas sob sombreamento parcial (ARMAREGO-MARRIOTT; SANDOVAL-IBAÑEZ; KOWALEWSKA, 2020). Como este artigo trata de sombreamento parcial em consórcios e sistemas agroflorestais, a terminologia foi ajustada para evitamento de sombra ou alongamento de evitamento, resposta induzida por alterações na quantidade e na qualidade da luz, especialmente pela redução da razão vermelho:vermelho-distante percebida por fotorreceptores (FRANKLIN, 2008; CASAL, 2012). O termo estiolamento fica restrito à referência conceitual ao fenômeno clássico, sem equiparar respostas de baixa irradiância em campo à ausência de luz.

Os estudos aplicados ao robusta e ao conilon em ambientes sombreados reforçam essa leitura. Venancio et al. (2019), ao avaliarem os genótipos 03V, 06V e 12V sob pleno sol e níveis baixo, moderado e alto de sombra, verificaram resposta genotípica contrastante: o genótipo 06V manteve melhor desempenho produtivo sob baixa e moderada sombra, enquanto 03V e 12V tiveram redução de produção sob sombreamento. Os autores também observaram maior área foliar e maior comprimento de entrenós em plantas sombreadas. Araújo et al. (2016), Oliosi et al. (2016), Trevisan et al. (2022), Yuliasmara et al. (2022), Bezerra et al. (2024) e Machado Filho et al. (2024) ampliam esse conjunto ao mostrar que radiação, microclima, arquitetura, produtividade e qualidade respondem de forma dependente do clone, da espécie associada, da posição da planta e da intensidade de sombra.

Com base nesse conjunto, o sombreamento em *Coffea canephora* deve ser interpretado como fator de manejo condicionado pelo clone, pelo arranjo produtivo e pela fase de desenvolvimento. O aumento de altura sob menor irradiância pode indicar aclimatação quando acompanhado de incremento em diâmetro, emissão foliar, vigor e estabilidade estrutural; ou sugerir alongamento de evitamento quando ocorre sem crescimento radial proporcional. Essa leitura tem aplicação particular em ambientes amazônicos, onde temperaturas elevadas, alta umidade, períodos de restrição hídrica e cultivos consorciados exigem critérios de avaliação que articulem planta, microclima, competição e tempo de crescimento.

Diante desse conjunto de evidências, a pergunta norteadora desta revisão é: quais indicadores biométricos, fisiológicos e microclimáticos permitem diferenciar aclimatação funcional de alongamento de evitamento de sombra em clones jovens de *Coffea canephora* cultivados sob sombreamento, especialmente em ambientes tropicais quentes e úmidos?

1.1 Objetivos Gerais

Analisar, por meio de revisão narrativa estruturada de orientação aplicada, as evidências sobre crescimento inicial, arquitetura de planta e aclimatação morfofisiológica de clones e genótipos de *Coffea canephora* sob sombreamento, com ênfase na distinção entre aclimatação funcional e evitamento de sombra em sistemas cafeeiros tropicais.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

Como objetivos específicos, a revisão mapeou estudos sobre robusta/conilon sob sombra, consórcio ou sistemas agroflorestais; identificou variáveis biométricas, fisiológicas e microclimáticas empregadas na avaliação de cafeeiros jovens; examinou a interação entre genótipo, sistema de cultivo e intensidade de sombreamento; e organizou uma matriz interpretativa para orientar ensaios com clones jovens em ambientes quentes e úmidos.

2. Revisão da Literatura

2.1 Procedimento da revisão narrativa estruturada

A revisão foi conduzida como revisão narrativa estruturada de orientação aplicada, com síntese crítica das evidências. A escolha desse desenho decorre da heterogeneidade dos estudos disponíveis, que abrangem mudas, plantas jovens, lavouras adultas, sombreamento artificial, árvores, consórcios, sistemas agroflorestais e variáveis biométricas, fisiológicas e microclimáticas. Elementos da lógica de revisões de escopo foram usados para organizar conceitos, tipos de evidência e lacunas, sem reivindicar adesão integral a um protocolo PRISMA-ScR nem estimar efeito médio por metanálise (MUNN et al., 2018; TRICCO et al., 2018).

A busca bibliográfica abrangeu o período de 2000 a janeiro de 2026 e foi conduzida em bases e rotas abertas de pesquisa, incluindo OpenAlex, Crossref, SciELO, Semantic Scholar, Europe PMC, PubMed/NCBI, CORE e DOAJ, complementadas por consulta ao Portal de Periódicos da CAPES para acesso a Scopus e Web of Science. O Google Acadêmico foi empregado como rota de conferência. As expressões booleanas foram adaptadas a cada base. A triagem considerou título, resumo, aderência temática e contribuição para a interpretação de crescimento inicial, arquitetura, fisiologia da luz, microclima ou sistemas sombreados. A lista dos estudos selecionados foi organizada em material suplementar, com classificação em cinco camadas de aderência. A rastreabilidade sintética do levantamento, incluindo rotas de busca, registros recomendados e a ausência de contagem bruta por base, é apresentada no Material Suplementar A (Tabela S0). Também foi realizada busca manual nas referências dos estudos nucleares para identificar trabalhos complementares pertinentes ao recorte da revisão. A síntese permaneceu narrativa, porque os delineamentos, as idades das plantas, as espécies sombreadoras e as variáveis avaliadas não permitiram estimativa conjunta de efeito.

Os descritores combinaram termos em português, inglês e espanhol referentes a *Coffea canephora*, robusta coffee, conilon coffee, café robusta, café conilon, clones, genotypes, cultivars, initial growth, early growth, seedling growth, vegetative growth, shade, shading, sombreamento, agroforestry, intercropping, consórcio, light intensity, irradiance, photosynthetically active radiation, PAR, canopy cover, shade avoidance, *red:far-red* ratio, phytochrome, internode length, height-to-diameter ratio, specific leaf area, SPAD, Dickson quality index e seedling quality.

A inclusão contemplou artigos experimentais, revisões e meta-análises que abordassem ao menos um dos seguintes componentes: *Coffea canephora*, robusta ou conilon sob sombreamento, consórcio ou sistema agroflorestal; crescimento

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

inicial, mudas ou estabelecimento de cafeeiros sob diferentes regimes de luz; respostas morfológicas, fisiológicas, anatômicas ou microclimáticas à redução da radiação; e indicadores de qualidade de mudas ou de arquitetura aplicáveis à interpretação da sombra. Foram excluídos estudos restritos a torra, bebida, mercado ou processamento pós-colheita, quando não tratavam de sistema de cultivo, crescimento vegetativo, fisiologia da planta ou microclima.

As referências selecionadas foram organizadas em cinco camadas de aderência: núcleo direto com *Coffea canephora* sob sombra; crescimento inicial e mudas; sistemas sombreados e agroflorestais; suporte fisiológico e morfoanatômico; e referências metodológicas ou revisões (Quadro 1). A classificação não teve finalidade estatística; serviu para hierarquizar o peso interpretativo das evidências e evitar que estudos com *Coffea arabica*, com plantas adultas ou com modelos vegetais não cafeeiros recebessem o mesmo peso de estudos voltados a clones jovens de *Coffea canephora*.

A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi apreciada de forma narrativa, sem escore formal de risco de viés. Foram considerados, quando informados pelos autores originais, clareza do delineamento, descrição do nível de sombra, idade das plantas, presença de comparação a pleno sol ou a gradientes de luz, repetição temporal, mensuração de variáveis microclimáticas e integração entre biometria e fisiologia. As limitações recorrentes observadas no conjunto incluem baixa padronização da intensidade de sombreamento, uso de plantas em idades distintas, ausência de séries temporais, número reduzido de ensaios com clones jovens em campo e pouca integração entre radiação, água, nutrientes, arquitetura e fisiologia.

Quadro 1 – Camadas de aderência utilizadas na síntese da revisão.

Camada	**Conteúdo incluído**	**Uso na interpretação**
A – Núcleo direto	*Coffea canephora*, robusta ou conilon sob sombra, consórcio ou sistema agroflorestal.	Base principal para resposta genotípica, arquitetura e interação clone-sistema.
B – Crescimento inicial/mudas	Mudas, estabelecimento, vigor inicial, altura, diâmetro, biomassa e qualidade.	Apoio à interpretação de plantas jovens e indicadores de qualidade estrutural.
C – Sistemas sombreados	Árvores, frutíferas, consórcios, agroflorestas e alteração microclimática.	Análise de sombra real, competição e manejo do arranjo produtivo.
D – Suporte fisiológico	Fotossíntese, clorofila, anatomia, estômatos, temperatura foliar ou do ar, trocas gasosas, fluorescência da clorofila e uso da luz.	Explicação dos mecanismos de aclimatação e limitação por luz.
E – Método e revisões	Revisões de escopo, meta-análises, índices e protocolos.	Base para método, lacunas, limites da síntese e proposição de matriz interpretativa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

2.2 Evidências diretas com *Coffea canephora* sob sombreamento

Os estudos diretamente relacionados a *Coffea canephora* em ambientes sombreados indicam que a resposta à redução luminosa depende do clone, do arranjo de cultivo, da idade da planta e do componente avaliado. Venancio et al. (2019) mostram que genótipos da cultivar Conilon Vitória - Incaper 8142 diferem quanto à responsividade à sombra, com desempenho produtivo favorável do 06V sob baixa e moderada sombra e prejuízo para 03V e 12V. Yuliasmara et al. (2022) verificaram que o sombreamento alterou parâmetros de crescimento e arquitetura em clones introduzidos de *C. canephora*; níveis baixos ou moderados favoreceram alguns indicadores vegetativos, enquanto ausência de sombra e sombra intensa prejudicaram o crescimento. Araújo et al. (2016), Oliosi et al. (2016) e Trevisan et al. (2022) confirmam que a sombra em campo modifica, simultaneamente, radiação, temperatura, umidade relativa, expansão foliar e alongamento de ramos.

A meta-análise de Piato et al. (2020) amplia esse quadro ao mostrar que os efeitos das árvores associadas sobre robusta oscilam com idade das plantas, idade das árvores, clone, local e regime pluviométrico. Os autores registraram impactos positivos da sombra sobre crescimento e produtividade, mas também apontaram respostas fisicoquímicas e de qualidade menos uniformes, incluindo redução da qualidade da bebida quando a sombra ultrapassou 30%. Para o estabelecimento inicial, essa diferença impede extrapolação direta de lavouras adultas para plantas jovens.

Yuliasmara et al. (2022) examinaram crescimento e arquitetura de clones introduzidos de *Coffea canephora* sob 0, 25, 50 e 100% de sombra, com mensuração de altura, diâmetro, entrenós, número de folhas, área foliar média, ângulo de ramos e diâmetro de copa. O estudo é relevante por relacionar redução luminosa, clone e arquitetura de planta. Seus resultados indicam que o sombreamento alterou todos os parâmetros de crescimento e arquitetura, que níveis baixos ou moderados favoreceram grupos distintos de variáveis, e que sombra intensa comprometeu o crescimento dos clones avaliados.

Em condições de campo com sombra real, Araújo et al. (2016) compararam robusta a pleno sol e sombreado por *Hevea brasiliensis*, avaliando luminosidade, temperatura, umidade relativa, nutrientes foliares, entrenós, área foliar, índice relativo de clorofila e produtividade. Oliosi et al. (2016) estudaram *Coffea canephora* cv. Conilon sob níveis de cobertura promovidos por *Toona ciliata*, enquanto Trevisan et al. (2022) investigaram o microclima e o desenvolvimento de *Coffea canephora* consorciado com *Carica papaya*. O conjunto demonstra que a sombra em campo ultrapassa a simples redução de radiação: envolve temperatura, umidade, posição da planta, competição por recursos, arquitetura da espécie associada e dinâmica sazonal de crescimento.

Bezerra et al. (2024) acrescentam evidência regional ao avaliarem *Coffea canephora* 'Conilon' em sistemas agroflorestais no sudoeste da Amazônia, em consórcio com *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, *Bertholletia excelsa* e *Tectona grandis*. Embora os autores situem os SAFs como alternativa associada a benefícios ambientais, os resultados mostram que o desempenho produtivo do cafeeiro depende da espécie arbórea utilizada e da densidade de plantio. A bandarra reduziu a produtividade média e acumulada, enquanto castanheira-do-

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

brasil e teca, em densidades de até 222 árvores ha^{-1}, não comprometeram a produtividade nas cinco primeiras safras comerciais.

Machado Filho et al. (2024), por sua vez, avaliaram 31 clones de *Coffea canephora* sob *Hevea brasiliensis*, em pleno sol, sombra pela manhã e sombra à tarde. Os autores registraram que a sombra vespertina reduziu a produtividade por planta, mas favoreceu grãos mais pesados e melhor qualidade de bebida, indicando que respostas produtivas e qualitativas podem seguir direções distintas conforme clone e regime de sombra.

Pereira et al. (2025) avaliaram 16 clones de *Coffea canephora* a pleno sol e em consórcio com *Hevea brasiliensis*, com medidas de fluorescência da clorofila *a*, concentrações foliares de nutrientes e produtividade. Os clones cultivados sob seringueira apresentaram maior eficiência fotossintética, enquanto as plantas a pleno sol mostraram maior susceptibilidade à fotoinibição do fotossistema II, especialmente nos clones 02, 73, 143 e 109A. O resultado reforça duas premissas desta revisão: a resposta à sombra é genótipo-específica, mesmo entre clones do mesmo grupo varietal; e indicadores fisiológicos, quando associados à arquitetura e ao microclima, capturam ajustes que a biometria isolada não revela.

2.3 Sombreamento, microclima e competição interespecífica

O sombreamento atua primeiro sobre o microclima. Árvores, frutíferas e culturas intercalares alteram a radiação incidente, a temperatura do ar, a umidade relativa, a temperatura do solo e a demanda evaporativa. Lin (2007), ao estudar cafeeiros em sistemas agroflorestais no México, demonstrou que o manejo da arborização atenua extremos microclimáticos e oscilações de umidade no solo. Lin (2010) verificou que coberturas arbóreas reduzem a evaporação do solo e a demanda transpiratória em agroecossistemas cafeeiros, com magnitude variável conforme o nível de cobertura.

Essa base ecofisiológica dialoga com DaMatta e Ramalho (2006), que tratam o sombreamento como forma de tamponar flutuações climáticas em ambientes restritivos, sem convertê-lo em recomendação universal. Os estudos diretos com *Coffea canephora* sustentam a mesma cautela: em determinados arranjos, a sombra melhora o microclima sem reduzir produtividade; em outros, quando densa ou mal distribuída, diminui o rendimento. A cobertura vegetal, portanto, não possui efeito fixo. Sua direção e magnitude dependem da intensidade do estresse ambiental, do grau de limitação luminosa, da espécie associada e da competição por recursos.

Ainda em *Coffea canephora*, estudos com consórcios mostram que a alteração microclimática pode ser mensurada. Araújo et al. (2016) avaliaram robusta sombreado por seringueira e a pleno sol, incluindo luminosidade, temperatura, umidade relativa, área foliar, índice relativo de clorofila e produtividade. Trevisan et al. (2022) registraram mudanças na irradiância, na temperatura e na umidade relativa em conilon consorciado com mamoeiro. Oliosi et al. (2016) constataram modificações de irradiância e temperatura em conilon sob cedro australiano.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

A modificação microclimática, porém, não equivale automaticamente a benefício agronômico. Sistemas sombreados podem intensificar a competição por água, nutrientes e luz, sobretudo quando a espécie associada apresenta crescimento rápido, copa densa ou sistema radicular competitivo. Bezerra et al. (2024) demonstraram essa dependência no sudoeste da Amazônia: a bandarra reduziu a produtividade média e acumulada de *Coffea canephora*, enquanto castanheira-do-brasil e teca, em densidades de até 222 árvores ha^{-1}, não comprometeram a produtividade nas cinco primeiras safras. Lin (2010) e DaMatta (2004) oferecem suporte adicional à leitura de que a sombra precisa ser avaliada junto com demanda evaporativa, disponibilidade hídrica e competição no sistema.

Em ambientes amazônicos, essa interpretação tem aplicação prática. A redução da radiação pode atenuar a exposição térmica e a luminosidade excessiva durante o estabelecimento, mas seu efeito depende do arranjo adotado. A caracterização do sistema requer descrição da espécie associada, densidade, espaçamento, altura de copa, orientação das linhas, distância entre o cafeeiro e a fonte de sombra e duração diária do sombreamento. Sem esses parâmetros, torna-se difícil separar efeitos de sombra, competição e sazonalidade.

2.4 Crescimento inicial e arquitetura de plantas jovens

Dardengo et al. (2013), ao avaliarem mudas de conilon, observaram que plantas mantidas sob sombreamento superaram aquelas a pleno sol em crescimento e qualidade. Contudo, essa interpretação dependeu da análise conjunta de variáveis morfológicas, como diâmetro do coleto, matéria seca total, relação altura/diâmetro e índice de qualidade de Dickson. Esse resultado reforça uma premissa desta revisão: maior altura, isoladamente, não permite concluir melhor desempenho da muda.

A altura é sensível à disponibilidade de luz, porém ambígua como indicador. Pode expressar crescimento vigoroso quando acompanhada de maior diâmetro do coleto, área foliar e acúmulo de biomassa; ou sinalizar resposta de evitamento ao sombreamento quando ocorre sem sustentação proporcional. A relação altura/diâmetro, utilizada por Dardengo et al. (2013), oferece um parâmetro simples para monitorar esse equilíbrio em mudas de *Coffea canephora*. Em clones avaliados sob diferentes níveis de sombra, Yuliasmara et al. (2022) também reforçaram a necessidade de interpretar altura junto com diâmetro, entrenós, número de folhas e arquitetura da copa.

O comprimento de entrenós e a emissão de ramos também qualificam a leitura da arquitetura, Yuliasmara et al. (2022) incorporaram variáveis arquitetônicas em clones de *Coffea canephora* sob níveis de sombra. Trevisan et al. (2022) mensuraram comprimento de ramos plagiotrópicos e ortotrópicos, número de nós e índice relativo de clorofila em sistema consorciado com mamoeiro. Partelli et al. (2013) verificaram variação sazonal em ramos ortotrópicos e plagiotrópicos de genótipos de *C. canephora*, com diferenças entre genótipos e relação com a temperatura.

A dimensão temporal deve ser preservada, ou seja, avaliações pontuais podem confundir efeito da sombra com fase de crescimento, regime de chuva,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

temperatura ou manejo hídrico. Solimões et al. (2023), apesar de não estudar o sombreamento, em pesquisa no sudoeste da Amazônia, examinaram o crescimento vegetativo de *Coffea canephora* sob manejos irrigado e não irrigado, durante as estações chuvosa e seca, demonstrando que as taxas de crescimento de ramos ortotrópicos e plagiotrópicos variam conforme a condição hídrica, a sazonalidade e o material genético. A estratégia metodológica adotada, com medições sucessivas ao longo do tempo, reforça que ensaios de crescimento devem acompanhar a trajetória das plantas, em vez de se apoiarem apenas em uma avaliação final.

Quadro 2 – Variáveis recomendadas para interpretar crescimento inicial de *Coffea canephora* sob sombreamento.

Dimensão	**Variáveis**	**Interpretação**
Crescimento básico	Altura, diâmetro do colo, número de folhas.	Indicam crescimento inicial, sustentação e emissão foliar. A altura isolada é ambígua.
Arquitetura	Relação altura/diâmetro, entrenós, número de nós, ramos ortotrópicos e plagiotrópicos.	Diferenciam crescimento equilibrado de alongamento excessivo.
Qualidade estrutural	Massa seca, relação parte aérea/raiz, índice de qualidade de Dickson.	Apoiam a interpretação quando amostragem destrutiva é possível.
Condição visual	Vigor, coloração, sintomas de murcha, clorose, necrose e desfolha.	Qualificam a resposta biométrica e reduzem erro de interpretação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.5 Aclimatação fisiológica e sinais de evitamento de sombra

A aclimatação fisiológica à menor irradiância envolve ajustes na captura de luz, área foliar, clorofila, anatomia, estômatos e eficiência fotossintética. Morais et al. (2004), ao avaliarem *Coffea arabica* sombreado por *Cajanus cajan*, registraram alterações anatômicas nas folhas sob sombra e maior fotossíntese líquida em plantas cultivadas a pleno sol. Rodríguez-López et al. (2014), também em *Coffea arabica*, mostraram que a aclimatação de mudas a diferentes suprimentos de luz envolve área foliar específica, razão de área foliar, assimilação líquida de CO_2, condutância estomática e fluorescência da clorofila. Martins et al. (2014) acrescentam que folhas de sol e de sombra diferem em espessura foliar, parênquima paliçádico e esponjoso, densidade estomática, condutância estomática, condutância do mesofilo e limitações hidráulicas à fotossíntese. Esses trabalhos oferecem suporte fisiológico e anatômico, mas não substituem estudos diretos com *Coffea canephora*.

A síndrome de evitamento de sombra é desencadeada por sinais luminosos associados à presença de plantas vizinhas, sobretudo pela redução da razão vermelho/vermelho-distante, além de alterações na irradiância e em sinais de luz

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

azul percebidos por fotorreceptores. Essas alterações modificam o padrão de crescimento e desenvolvimento da planta, favorecendo respostas como alongamento de caules, pecíolos ou entrenós, maior inclinação foliar e redistribuição da arquitetura da parte aérea, com o objetivo de reduzir a condição atual ou futura de sombreamento (FRANKLIN, 2008; CASAL, 2012).

Casal (2013), Franklin (2008) e Pierik e De Wit (2014) descrevem a participação dos fitocromos, de PIFs e de rotas hormonais que regulam alongamento caulinar, entrenós, dominância apical, arquitetura da parte aérea e redução de ramificação. Em cafeeiros jovens, esse referencial deve ser usado com cautela: ele ajuda a separar alongamento funcional sob sombra moderada de alongamento desproporcional sob limitação luminosa ou competição excessiva, mas não substitui evidências experimentais obtidas com *Coffea canephora*.

Em *Coffea canephora*, Dubberstein et al. (2021) evidenciaram ampla diversidade entre 43 genótipos para caracteres estomáticos e morfoanatômicos, incluindo densidade estomática, dimensões dos estômatos, altura de planta, distância internodal e área foliar. Embora o estudo não tenha avaliado sombreamento, seus resultados indicam variação genotípica em atributos associados à troca gasosa e à arquitetura foliar, oferecendo suporte indireto à possibilidade de respostas diferenciadas entre clones quando submetidos a alterações no ambiente luminoso. Essa inferência deve ser interpretada em conjunto com estudos conduzidos sob restrição de radiação, como César et al. (2010), que observaram alterações morfofisiológicas em cafeeiros sob diferentes níveis de sombreamento.

Charbonnier et al. (2017), em estudo com cafeeiros em sistema agroflorestal, demonstraram que a redução da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pode ser compensada, em grande medida, pelo aumento da eficiência de uso da luz. Embora o experimento tenha sido conduzido com *Coffea arabica*, os resultados ajudam a interpretar a lógica fisiológica do sombreamento em cafeeiros: a planta pode ajustar a conversão da radiação interceptada em biomassa, mas essa resposta depende da idade dos ramos, da competição intraespecífica, da área foliar, da arquitetura da copa e da heterogeneidade espacial do sistema. Essa interpretação se articula com Morais et al. (2004), que demonstraram alterações em tecidos foliares e estruturas estomáticas de *Coffea arabica* sob sombreamento natural. Koutouleas et al. (2025), trabalhando com híbridos F1 de *Coffea arabica* e respectivas linhagens parentais sob gradiente controlado de sombra, demonstraram que a interação genótipo × ambiente luminoso modifica trajetórias de crescimento, alocação de biomassa e desempenho fisiológico em fase juvenil. Embora o estudo trate de *C. arabica*, o achado reforça a noção de que a resposta à sombra não é uniforme dentro de uma mesma espécie, leitura coerente com a variação genotípica reportada para *C. canephora* por Venancio et al. (2019), Yuliasmara et al. (2022) e Pereira et al. (2025).

As avaliações biométricas devem ser lidas em conjunto com indicadores fisiológicos, morfoanatômicos e microclimáticos. Altura, diâmetro, número de folhas e área foliar descrevem o crescimento, mas não explicam, isoladamente, o mecanismo que o produziu. Em cafeeiros submetidos a alterações no ambiente luminoso, variáveis como índice SPAD ou índice relativo de clorofila, área foliar

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

específica, fotossíntese líquida, condutância estomática, fluorescência da clorofila, densidade estomática, índice estomático, número de células epidérmicas e espessura do mesofilo paliçádico ajudam a distinguir ajustes de captura e uso da luz de respostas predominantemente morfológicas, como o alongamento da parte aérea. Pereira et al. (2025), ao integrarem fluorescência da clorofila *a* e nutrientes foliares em 16 clones de *Coffea canephora* sob seringueira e a pleno sol, ilustram esse tipo de leitura conjunta e mostram que a fotoinibição do PSII varia entre clones quando expostos a alta irradiância — diferenciação que não seria detectada por variáveis biométricas isoladas.

2.6 Aclimatação versus evitamento de sombra: proposta de matriz interpretativa

A principal contribuição desta revisão é propor que a resposta de clones jovens ao sombreamento seja interpretada no eixo aclimatação funcional versus evitamento de sombra. A matriz apresentada a seguir é uma proposta qualitativa derivada da literatura, não um instrumento quantitativo validado empiricamente; sua função é organizar uma hipótese operacional para orientar a escolha de variáveis, a leitura longitudinal dos ensaios e a separação entre crescimento equilibrado, limitação luminosa e alongamento estruturalmente desfavorável. A aclimatação ao sombreamento envolve ajustes morfológicos e fisiológicos que podem permitir crescimento equilibrado sob menor disponibilidade de radiação, sem perda evidente de qualidade ou desempenho estrutural da planta (DARDENGO et al., 2013; CHARBONNIER et al., 2017). O evitamento de sombra, por sua vez, caracteriza-se por alongamento desproporcional da parte aérea, com aumento de altura sem incremento equivalente do diâmetro, entrenós mais longos, menor robustez estrutural, redução relativa da ramificação e possível queda de vigor, especialmente sob sombreamento intenso ou competição luminosa persistente (CASAL, 2012; YULIASMARA et al., 2022; ARAÚJO et al., 2016).

Essa distinção é necessária porque uma mesma variável pode assumir significados opostos. Maior altura pode indicar crescimento vigoroso quando associada a diâmetro, folhas, vigor e biomassa; o mesmo aumento expressa alongamento de evitamento quando ocorre sem esses componentes. A matriz proposta organiza evidências sobre mudas de conilon (DARDENGO et al., 2013), aclimatação de mudas de café à luz (RODRÍGUEZ-LÓPEZ et al., 2014), resposta do robusta ao sombreamento (VENANCIO et al., 2019; PIATO et al., 2020), arquitetura sob níveis de sombra (YULIASMARA et al., 2022), microclima e crescimento em consórcios com *Coffea canephora* (ARAÚJO et al., 2016; OLIOSI et al., 2016; TREVISAN et al., 2022), variação genotípica em traços morfoanatômicos de *Coffea canephora* (DUBBERSTEIN et al., 2021) e percepção de competição luminosa em plantas (CASAL, 2013; FRANKLIN, 2008).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

Quadro 3 – Matriz qualitativa para diferenciar aclimatação funcional e evitamento de sombra em plantas jovens de *Coffea canephora*.

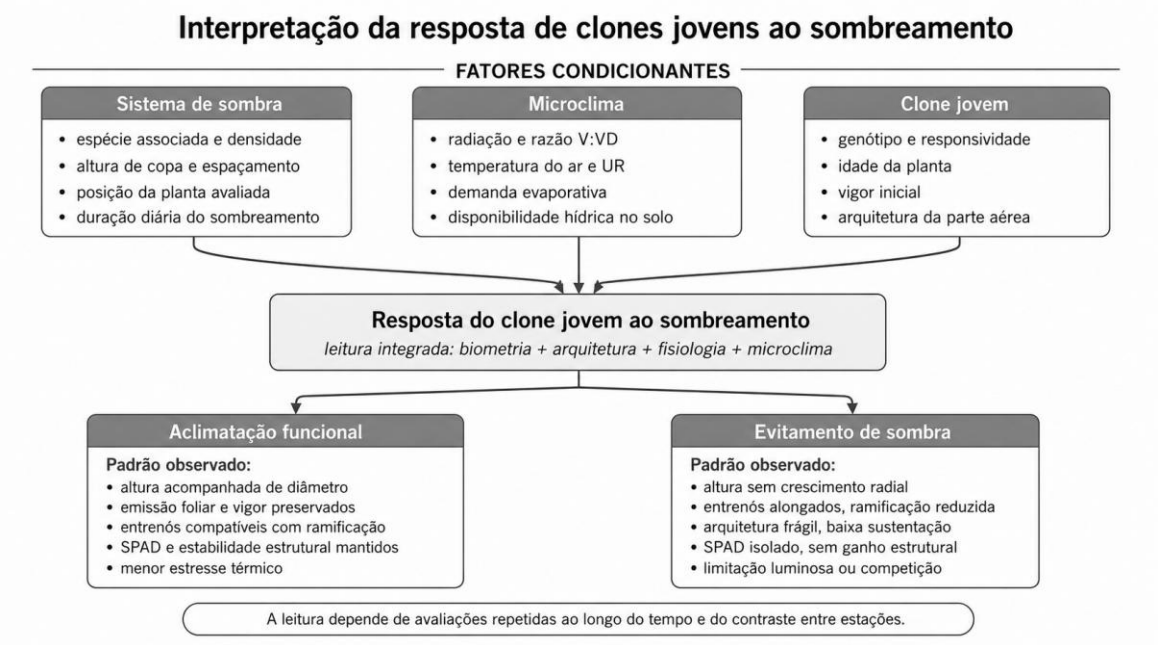
Indicador	Forma de mensuração	Resposta compatível com aclimatação	Resposta compatível com evitamento de sombra	Acompanhamento longitudinal
Altura da planta	cm, do colo ao ápice; medições repetidas.	Aumento moderado acompanhado de diâmetro, folhas e vigor.	Aumento rápido sem crescimento radial proporcional.	Mensal ou bimestral, ao longo de pelo menos dois ciclos.
Diâmetro do colo	mm, com paquímetro a 1 cm do solo.	Incremento consistente, indicando sustentação.	Incremento baixo em plantas altas e esguias.	Em paralelo às medidas de altura.
Relação altura/diâmetro	Adimensional; razão entre altura e diâmetro do colo.	Estável ou com aumento moderado.	Aumento acentuado ao longo do tempo.	Trajetória temporal; valor isolado é insuficiente.
Entrenós e ramificação	Comprimento médio dos entrenós (cm); número de nós e de ramos plagiotrópicos.	Alongamento compatível com emissão de nós e folhas.	Entrenós longos, redução relativa da ramificação e arquitetura frágil.	Avaliação em fases definidas do desenvolvimento.
SPAD / índice relativo de clorofila	Unidades SPAD; folhas plenamente expandidas e do mesmo extrato.	Ajuste foliar acompanhado de vigor e crescimento.	Valor isolado, sem ganho estrutural ou de biomassa.	Repetições em estação úmida e seca.
Microclima (radiação, temperatura, umidade)	Irradiância (μmol m^{-2} s^{-1} ou %), temperatura do ar (°C), UR (%), quando viável razão V:VD.	Redução de estresse térmico sem limitação luminosa severa.	Sombra excessiva, baixa radiação útil, baixa razão V:VD e indícios de competição.	Sensores fixos ou medidas pontuais sincronizadas com biometria.

Fonte: Elaborado pelos autores.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

Figura 1 – Esquema interpretativo para diferenciar aclimatação funcional e evitamento de sombra em clones jovens de *Coffea canephora* sob sombreamento. O esquema organiza a resposta da planta em três camadas: (i) fatores condicionantes — sistema de sombra (espécie associada, densidade, posição da planta), microclima (radiação, razão V:VD, temperatura, umidade) e características do clone (genótipo, idade, vigor inicial); (ii) resposta integrada do clone, dependente da leitura conjunta de biometria, arquitetura, fisiologia e microclima; e (iii) bifurcação interpretativa entre aclimatação funcional (altura acompanhada de diâmetro, vigor e folhas, SPAD ajustado, menor estresse térmico) e evitamento de sombra (altura sem crescimento radial proporcional, entrenós longos, arquitetura frágil, indícios de limitação luminosa ou competição). A leitura depende de avaliações repetidas ao longo do tempo e do contraste entre estações.



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.7 Implicações para ambientes amazônicos

A discussão sobre sombreamento em *Coffea canephora* tem aplicação particular na Amazônia, região marcada pela combinação de alta umidade, temperaturas elevadas, intensa radiação e oscilações sazonais na disponibilidade hídrica. Teixeira et al. (2020) registram que os Robustas Amazônicos foram desenvolvidos para a Amazônia Ocidental, reunindo clones de alto potencial produtivo e atributos próprios do conilon e do robusta. Solimões et al. (2023) verificam que o crescimento vegetativo de *Coffea canephora* no sudoeste amazônico se relaciona ao manejo hídrico e à estação do ano. Em conjunto, esses trabalhos sustentam a necessidade de protocolos regionais de avaliação.

A literatura ainda não permite definir níveis ideais de sombra para clones jovens de *Coffea canephora* em ambientes amazônicos. Bezerra et al. (2024) mostram que sistemas agroflorestais na Amazônia produzem efeitos distintos conforme a espécie arbórea e a densidade adotadas. Piato et al. (2020) registram que idade, clone e ambiente modulam os efeitos da sombra no robusta. A

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

recomendação técnica precisa ser construída com ensaios regionais que articulem planta, microclima, sistema e tempo de crescimento.

Para pequenos produtores, consórcios temporários, especialmente com frutíferas ou espécies arbóreas, podem oferecer proteção microclimática e diversificação produtiva, mas também alteram a disponibilidade de água, nutrientes e radiação para o cafeeiro. Frutíferas e culturas de ciclo curto, como o mamoeiro, podem atuar como sombreamento transitório, enquanto espécies arbóreas permanentes, como castanheira-do-brasil ou teca, modificam o microclima por período mais longo e exigem ajuste de densidade, poda e posição das linhas. Em solos amazônicos com baixa fertilidade natural e elevada acidez, a competição nutricional entre a espécie associada e o cafeeiro pode ter peso semelhante ao efeito luminoso, sobretudo quando a sombreadora apresenta crescimento rápido ou copa densa. A descrição experimental deve, portanto, registrar estação do ano, irrigação, adubação, densidade arbórea, distância da planta avaliada em relação à fonte de sombra e posição no consórcio. A cobertura de sombra pode reduzir perdas de água por evaporação do solo e diminuir a demanda evaporativa do sistema, desde que o nível de sombreamento não limite excessivamente a radiação disponível (LIN, 2010). Em *Coffea canephora*, consórcios com mamoeiro reduziram a irradiância e a temperatura, elevaram a umidade relativa e não comprometeram o crescimento vegetativo inicial nas condições avaliadas (TREVISAN et al., 2022). Em sistemas agroflorestais na Amazônia Sul-Ocidental, a resposta produtiva variou conforme a espécie arbórea e a densidade de plantio (BEZERRA et al., 2024). O sombreamento, portanto, não deve ser tratado como sinônimo automático de sustentabilidade ou eficiência; sua adoção precisa considerar o balanço entre amortecimento térmico, conservação de água, disponibilidade de radiação, competição interespecífica e resposta do clone.

2.8 Protocolo mínimo sugerido para novos ensaios

Com base nas evidências revisadas, ensaios com clones jovens de *Coffea canephora* sob sombreamento devem registrar, em paralelo, variáveis da planta, do microclima e do sistema de cultivo. O protocolo apresentado é uma recomendação metodológica derivada da revisão, não uma ferramenta validada. Sua finalidade é permitir que estudos futuros testem, com maior comparabilidade, a hipótese operacional de que aclimatação funcional e evitamento de sombra podem ser diferenciados por trajetórias conjuntas de biometria, arquitetura, fisiologia simples e microclima. A recomendação decorre da heterogeneidade dos trabalhos disponíveis: a resposta à sombra varia conforme clone, idade da planta, regime pluviométrico, espécie sombreadora, densidade de plantio, posição da planta em relação à fonte de sombra e componente avaliado (VENANCIO et al., 2019; PIATO et al., 2020; YULIASMARA et al., 2022; ARAÚJO et al., 2016; OLIOSI et al., 2016; TREVISAN et al., 2022; BEZERRA et al., 2024; MACHADO FILHO et al., 2024).

O protocolo mínimo deve contemplar altura, diâmetro do colo, número de folhas, relação altura/diâmetro, comprimento de entrenós, vigor visual, sintomas de estresse, SPAD ou índice relativo de clorofila, irradiância ou radiação, temperatura do ar, umidade relativa e, quando viável, temperatura foliar, temperatura do solo, umidade do solo, trocas gasosas e fluorescência da clorofila. A descrição

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

experimental deve incluir espécie associada, espaçamento, densidade, posição da planta avaliada, distância da fonte de sombra, altura da copa, manejo de poda, adubação e irrigação.

A frequência das avaliações precisa acompanhar a fase inicial e a sazonalidade. Medidas repetidas permitem reconstruir a trajetória de crescimento e reduzem o risco de tratar diferenças pontuais como respostas permanentes. Partelli et al. (2013) e Solimões et al. (2023) demonstram que crescimento vegetativo e emissão de ramos em *Coffea canephora* variam com condições climáticas e disponibilidade hídrica. A interpretação da sombra, portanto, exige séries temporais, e não apenas comparação final entre tratamentos.

Quadro 4 – Protocolo mínimo para avaliação de clones jovens de *Coffea canephora* sob sombreamento.

Grupo	**Variáveis mínimas**	**Referências de suporte**
Biometria	Altura, diâmetro do colo, número de folhas.	Dardengo et al. (2013); Rodríguez-López et al. (2014).
Arquitetura	Relação altura/diâmetro, entrenós, número de nós, ramos.	Trevisan et al. (2022); Yuliasmara et al. (2022); Partelli et al. (2013).
Fisiologia simples	SPAD ou índice relativo de clorofila; temperatura do ar; temperatura foliar, trocas gasosas ou fluorescência da clorofila quando houver estrutura técnica.	Araújo et al. (2016); Trevisan et al. (2022); Rodríguez-López et al. (2014); Martins et al. (2014).
Microclima	Irradiância ou radiação, temperatura, umidade relativa e solo.	Lin (2007); Lin (2010); Araújo et al. (2016); Oliosi et al. (2016).
Sistema	Espécie associada, espaçamento, densidade, posição e manejo.	Araújo et al. (2016); Oliosi et al. (2016); Trevisan et al. (2022).
Temporalidade	Avaliações repetidas em fases climáticas distintas.	Partelli et al. (2013); Solimões et al. (2023).

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.9 Síntese dos estudos nucleares e uso das evidências

A consistência da revisão não decorre apenas do número de referências, mas da hierarquia atribuída às evidências. Trabalhos com *Coffea canephora* sob sombra ou consórcio receberam peso interpretativo superior ao de estudos com *Coffea arabica*, mudas genéricas ou sistemas agroflorestais sem robusta/conilon. Essa hierarquização evita que evidências úteis como suporte fisiológico sejam tratadas como prova direta para clones jovens de *Coffea canephora*. A coluna de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

cautela interpretativa do Quadro 5 explicita, para cada estudo nuclear, os limites de extrapolação entre espécies, idades e sistemas de cultivo, reduzindo o risco de transferir resultados sem ressalva. O quadro tem função analítica: indica como cada referência foi utilizada na construção da matriz, sem repetir os resultados já discutidos no corpo do texto.

A meta-análise de Piato et al. (2020) oferece síntese ampla sobre robusta sombreado, sem substituir estudos voltados ao estabelecimento inicial. Seu maior valor, para os fins desta revisão, está em demonstrar que a resposta à sombra depende de idade da planta, idade da árvore, clone, local, regime pluviométrico e nível de sombreamento. A própria síntese indica que cafeeiros adultos tenderam a responder melhor à sombra, enquanto plantas jovens apresentaram respostas neutras ou negativas em parte dos estudos.

Venancio et al. (2019) ocupam posição de destaque no exame da resposta genotípica do robusta sob níveis distintos de sombra. Ao demonstrarem que o genótipo 06V respondeu melhor a baixa e moderada sombra, enquanto 03V e 12V tiveram produção reduzida nos tratamentos sombreados, os autores reforçam que não há recomendação única para todos os materiais. A leitura por clone, portanto, deve anteceder qualquer inferência geral sobre o sistema.

Yuliasmara et al. (2022) dialogam diretamente com o eixo da arquitetura da planta, ao avaliarem clones de *Coffea canephora* sob níveis distintos de sombra e incorporarem variáveis como altura, diâmetro e entrenós. Essa leitura interpretativa aproxima a discussão do problema central desta revisão: diferenciar crescimento ajustado à menor radiação de alongamento estruturalmente desfavorável.

Araújo et al. (2016), Oliosi et al. (2016) e Trevisan et al. (2022) aproximam a discussão de sistemas reais de cultivo. No campo, a sombra raramente corresponde a um percentual fixo de interceptação luminosa; ela resulta da arquitetura da espécie associada, do espaçamento, da orientação das linhas, da época do ano e do manejo. Isso demonstra que a interpretação do desempenho do cafeeiro exige leitura conjunta de microclima, competição e crescimento.

Quadro 5 – Estudos nucleares e contribuição para a interpretação de *Coffea canephora* sob sombreamento.

Referência	**Foco principal**	**Uso nesta revisão**	**Cautela interpretativa**
Piato et al. (2020)	Meta-análise sobre robusta sombreado.	Sustenta a dependência de idade, clone, local e regime de chuva.	Síntese ampla; indica maior resposta positiva em plantas adultas e maior cautela para plantas jovens. Não define protocolo específico para estabelecimento inicial.
Venancio et al. (2019)	Genótipos de robusta sob níveis de sombra.	Base para resposta genotípica e escolha de clones responsivos.	Estudo com 03V, 06V e 12V sob telas de sombra; a extrapolação deve considerar genótipo,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

			fase produtiva e sombra artificial.
Yuliasmara et al. (2022)	Clones de *C. canephora* sob diferentes sombras.	Base para arquitetura, altura, diâmetro e entrenós.	Estudo em clones introduzidos e ambiente distinto do Brasil.
Araújo et al. (2016)	Robusta sob seringueira e pleno sol.	Base para microclima, desenvolvimento e produtividade.	Sistema com plantas em fase produtiva; não é estudo de mudas.
Oliosi et al. (2016)	Conilon sob cedro australiano.	Mostra efeito do arranjo e posição no sombreamento.	Resposta associada à espécie arbórea e ao espaçamento.
Trevisan et al. (2022)	*C. canephora* consorciado com mamoeiro.	Exemplo de consórcio com frutífera e avaliação microclimática.	Sombra temporária; depende do porte e idade do mamoeiro.
Bezerra et al. (2024)	*C. canephora* em SAF amazônico.	Base regional para densidade arbórea e agrofloresta.	Foco em produtividade; não trata crescimento inicial.
Machado Filho et al. (2024)	31 clones sob *Hevea brasiliensis*.	Mostra interação clone, sombra, produtividade e qualidade.	Trata fase produtiva; uso indireto para crescimento inicial.
Pereira et al. (2025)	16 clones de *C. canephora* sob *H. brasiliensis* e a pleno sol; fluorescência da clorofila *a* e nutrientes foliares.	Base para resposta fisiológica genótipo-específica e fotoinibição em pleno sol	Avaliação em fase produtiva; sombra real por seringueira, contexto do Espírito Santo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

2.10 Lacunas de pesquisa

A principal lacuna está na escassez de pesquisas que articulem, em um mesmo desenho, clones jovens de *Coffea canephora*, sombra real por consórcio ou sistema agroflorestal, monitoramento microclimático e avaliações repetidas de arquitetura. A maior parte dos estudos aborda apenas parte desse conjunto, o que limita a construção de recomendações específicas para o estabelecimento inicial em condições amazônicas.

A segunda lacuna reside na ausência de padronização das variáveis. Parte dos trabalhos mede produtividade; outros, crescimento de ramos; outros, altura e diâmetro; alguns concentram-se no índice relativo de clorofila; e poucos integram microclima, fisiologia e arquitetura. Essa dispersão dificulta a comparação entre experimentos e reduz a força das inferências.

A terceira lacuna envolve a transferência de evidências entre espécies. Parte das pesquisas fisiológicas disponíveis foi conduzida com *Coffea arabica*, como Morais et al. (2004), Rodríguez-López et al. (2014), Martins et al. (2014) e Charbonnier et al. (2017). Esses estudos são úteis para interpretar mecanismos, mas não substituem experimentos com *Coffea canephora*, espécie com arquitetura, plasticidade e resposta genotípica próprias.

A quarta lacuna é regional. Embora haja contribuições relevantes na Amazônia Ocidental, Teixeira et al. (2020), Solimões et al. (2023) e Bezerra et al. (2024), ainda faltam avaliações específicas do estabelecimento de clones jovens sob consórcios temporários, frutíferas ou arranjos agroflorestais ajustados à realidade de pequenos produtores.

A quinta lacuna decorre da ausência de limiares numéricos para discriminar aclimatação funcional e evitamento de sombra em *Coffea canephora*. A matriz apresentada organiza indicadores e padrões esperados, mas não fixa valores críticos, porque esses limites tendem a variar conforme clone, idade, estação, nível de radiação, disponibilidade hídrica e arranjo de cultivo. Ensaios futuros poderão transformar essa matriz qualitativa em ferramenta quantitativa, desde que associem séries temporais, biometria, fisiologia, microclima e comparação com plantas conduzidas a pleno sol ou sob níveis graduais de sombra.

2.11 Agenda aplicada para pesquisas futuras

A agenda de pesquisa derivada desta revisão recomenda prioridade a ensaios que testem a interação clone x sistema de cultivo x tempo. O delineamento experimental precisa permitir identificar quais clones mantêm crescimento equilibrado sob menor radiação e quais apresentam alongamento desproporcional. Para isso, altura e diâmetro devem ser avaliados junto com folhas, entrenós, vigor, SPAD ou índice relativo de clorofila, irradiância, temperatura do ar, umidade relativa e, quando disponível, temperatura foliar, trocas gasosas e fluorescência da clorofila.

Pesquisas futuras também deveriam descrever o sistema de sombreamento com maior precisão. Informar apenas que o cafeeiro foi cultivado em ambiente sombreado é insuficiente. Espécie associada, densidade, espaçamento, altura de copa, porcentagem ou estimativa de interceptação luminosa, distância da planta

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

avaliada em relação à fonte de sombra e manejo da espécie consorciada devem compor a descrição experimental.

Outra prioridade é incorporar variáveis fisiológicas simples e viáveis. O uso de SPAD ou índice relativo de clorofila, associado ao registro de radiação ou irradiância, temperatura do ar e umidade relativa, qualifica a leitura dos ensaios de campo sem exigir estrutura laboratorial complexa. Quando associados à biometria, esses indicadores ajudam a separar aclimatação funcional, limitação luminosa e alongamento de evitamento. Temperatura foliar, fluorescência da clorofila e condutância estomática podem enriquecer o protocolo, desde que haja equipamentos adequados e interpretação compatível com a espécie estudada; quando a sustentação vier de *Coffea arabica*, o uso deve permanecer como suporte fisiológico, não como prova direta para *Coffea canephora*.

Em ambientes amazônicos, os ensaios devem contemplar períodos contrastantes de disponibilidade hídrica. A interação entre sombra e sazonalidade pode alterar tanto o crescimento inicial quanto a arquitetura da planta, sobretudo na fase de estabelecimento.

Pesquisas futuras também devem separar, com clareza, resultados de crescimento inicial, produtividade e qualidade. Machado Filho et al. (2024) verificam que a sombra reduz a produtividade por planta e, em alguns genótipos, melhora atributos da bebida. Esse contraste reforça que respostas agronômicas e qualitativas podem seguir direções distintas; por isso, conclusões sobre sombreamento precisam explicitar qual componente está sendo avaliado.

2.12 Limitações da revisão

Esta revisão apresenta limitações próprias do desenho adotado. A busca priorizou bases abertas, Portal de Periódicos da CAPES e Google Acadêmico, sem protocolo pré-registrado e sem tratamento metanalítico. Outra limitação é que a contagem bruta de registros recuperados por base não foi preservada no levantamento original; por isso, a revisão apresenta apenas os registros recomendados após triagem e não reivindica fluxo PRISMA nem taxa formal de exclusão. Também pode haver viés de língua, porque foram priorizados estudos em português, inglês e espanhol, com possível exclusão de pesquisas publicadas em francês ou em línguas asiáticas, sobretudo sobre robusta sombreado em sistemas agroflorestais africanos e do Sudeste Asiático.

A heterogeneidade dos estudos impediu metanálise. Persiste, ainda, possível viés de publicação, com sub-representação de estudos com efeitos neutros ou negativos do sombreamento sobre o crescimento inicial. As inferências devem ser lidas como matriz interpretativa e agenda de pesquisa, não como recomendação numérica universal para sombreamento de *Coffea canephora*.

3. Considerações Finais

A literatura revisada indica que o sombreamento em *Coffea canephora* atua como fator de manejo condicionado pelo clone, pelo sistema de cultivo e pelo ambiente. Pesquisas com robusta e conilon sombreados, consorciados ou

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

conduzidos em sistemas agroflorestais mostram respostas variáveis em crescimento, microclima, produtividade e qualidade. A sombra pode atenuar extremos térmicos e reduzir a demanda evaporativa; quando mal dimensionada, porém, pode restringir a assimilação de carbono e intensificar a competição por água, nutrientes e luz.

A altura, analisada isoladamente, é insuficiente para avaliar o crescimento inicial em ambiente sombreado. Seu aumento pode indicar aclimatação funcional quando acompanhado de incremento em diâmetro, emissão foliar, vigor e estabilidade estrutural; ou caracterizar evitamento de sombra quando ocorre sem crescimento radial proporcional, com entrenós alongados e arquitetura frágil. A distinção entre esses padrões exige leitura integrada de variáveis biométricas, fisiológicas, visuais e microclimáticas.

A principal contribuição desta revisão é organizar uma matriz interpretativa para separar crescimento equilibrado, limitação luminosa e alongamento de evitamento em clones jovens de *Coffea canephora*. Essa matriz não substitui ensaios regionais, mas oferece uma base técnica para planejar avaliações de campo, selecionar indicadores e evitar conclusões apoiadas apenas em altura ou em uma única data de coleta.

A revisão também expõe algumas lacunas relevantes. Permanecem escassas as pesquisas que articulem clones jovens de *Coffea canephora*, sombra real em consórcio ou sistema agroflorestal, avaliação temporal do crescimento, variáveis fisiológicas simples e monitoramento do microclima. Essa ausência limita a definição de níveis adequados de redução luminosa e dificulta recomendações específicas para a fase de estabelecimento em ambientes amazônicos.

Em ambientes amazônicos, a adoção de sistemas sombreados deve considerar o equilíbrio entre proteção microclimática, disponibilidade de radiação e competição por recursos. Novos ensaios devem contemplar clones contrastantes, avaliações repetidas, descrição rigorosa do arranjo de sombreamento e indicadores como altura, diâmetro, relação altura/diâmetro, entrenós, vigor, índice relativo de clorofila, temperatura foliar e microclima. A transformação da matriz qualitativa em ferramenta quantitativa dependerá de experimentos regionais capazes de associar planta, sistema e tempo de crescimento. Cabe destacar que a matriz proposta organiza uma hipótese operacional e propõe um roteiro interpretativo, e não uma conclusão consolidada do campo. A distinção entre aclimatação funcional e evitamento de sombra em clones jovens de *Coffea canephora* permanece como agenda de pesquisa a ser testada empiricamente.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse. A participação do autor em Solimões et al. (2023), estudo citado nesta revisão, foi considerada na interpretação das evidências; o trabalho foi utilizado apenas como suporte regional para crescimento vegetativo de *Coffea canephora* e sazonalidade, sem atribuição de peso superior aos demais estudos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio financeiro concedido ao projeto “Manejo de café Robustas Amazônicos em consórcio com culturas de ciclo curto para redução de custos e promoção da sustentabilidade no Amazonas”, vinculado ao Programa de Apoio a Pesquisas e Ações Estratégicas em Bioeconomia — BIO CT&I, Edital n.º 014/2024, Termo de Outorga n.º 026/2025.

Referências

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. DOI: https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160084.

ARMAREGO-MARRIOTT, T.; SANDOVAL-IBAÑEZ, O.; KOWALEWSKA, Ł. Beyond the darkness: recent lessons from etiolation and de-etiolation studies. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 71, n. 4, p. 1215-1225, 2020. DOI: 10.1093/jxb/erz496.

BEZERRA, S. B. de O.; ARAÚJO, L. F. B. de; COSTA, R. S. C. da; SOUZA, V. F. de; ROCHA, R. B.; CAMPANHARO, M.; ESPINDULA, M. C. Growing Coffea canephora in agroforestry systems with Brazilian firetree, Brazil nut, and teak. Semina: Ciências Agrárias, v. 45, n. 1, p. 49-70, 2024. DOI: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2024v45n1p49.

CASAL, J. J. Photoreceptor signaling networks in plant responses to shade. Annual Review of Plant Biology, v. 64, p. 403-427, 2013. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120221.

CASAL, J. J. Shade avoidance. *The Arabidopsis Book*, Rockville, v. 10, e0157, 2012. DOI: 10.1199/tab.0157.

CÉSAR, Fábio Ricardo Coutinho Fontes; MATSUMOTO, Sylvana Naomi; VIANA, Anselmo Eloy Silveira; SANTOS, Marcos Antônio Ferreira; BONFIM, Joice Andrade. Leaf morphophysiology of coffee plants under different levels of light restriction. Coffee Science, Lavras, v. 5, n. 3, p. 262-271, 2010.

CHARBONNIER, F. et al. Increased light-use efficiency sustains net primary productivity of shaded coffee plants in agroforestry system. Plant, Cell & Environment, v. 40, n. 8, p. 1592-1608, 2017. DOI: https://doi.org/10.1111/pce.12964.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

DaMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. Field Crops Research, v. 86, n. 2-3, p. 99-114, 2004. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.09.001.

DaMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. Brazilian Journal of Plant Physiology, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006. DOI: https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006.

DARDENGO, M. C. J. D.; SOUSA, E. F. de; REIS, E. F. dos; GRAVINA, G. de A. Growth and quality of conilon coffee seedlings produced at different containers and shading levels. Coffee Science, v. 8, n. 4, p. 500-509, 2013.

DUBBERSTEIN, D.; OLIVEIRA, M. G.; AOYAMA, E. M.; GUILHEN, J. H.; FERREIRA, A.; MARQUES, I.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Diversity of leaf stomatal traits among Coffea canephora Pierre ex A. Froehner genotypes. Agronomy, v. 11, n. 6, artigo 1126, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11061126.

FRANKLIN, K. A. Shade avoidance. New Phytologist, v. 179, n. 4, p. 930-944, 2008. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02507.x.

KOUTOULEAS, A.; CUTLER-TUCKER, L.; RAKOCEVIC, M. et al. Light-driven genotype–environment interactions in coffee: comparing hybrids and parental lines under a controlled shade gradient. *Agroforestry Systems*, v. 99, artigo 271, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s10457-025-01376-5.

LIN, B. B. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. Agricultural and Forest Meteorology, v. 144, n. 1-2, p. 85-94, 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.12.009.

LIN, B. B. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. Agricultural and Forest Meteorology, v. 150, n. 4, p. 510-518, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.010.

MACHADO FILHO, J. A.; COSTA, P. R.; ARANTES, L. de O.; RODRIGUES, W. P.; CRASQUE, J.; DOUSSEAU-ARANTES, S. Yield and beverage quality of thirty-one Coffea canephora clones shaded by Hevea brasiliensis. Coffee Science, v. 19, e192259, 2024. DOI: https://doi.org/10.25186/.v19i.2259.

MARTINS, S. C. V.; GALMÉS, J.; CAVATTE, P. C.; PEREIRA, L. F.; VENTRELLA, M. C.; DaMATTA, F. M. Understanding the low photosynthetic rates of sun and shade coffee leaves: bridging the gap on the relative roles of hydraulic, diffusive and biochemical constraints to photosynthesis. PLoS ONE, v. 9, n. 4, e95571, 2014. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095571.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

MORAIS, H.; MEDRI, M. E.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. de A.; GOMES, J. C. Modifications on leaf anatomy of Coffea arabica caused by shade of pigeonpea (Cajanus cajan). Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 47, n. 6, p. 863-871, 2004. DOI: https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000600005.

MUNN, Z.; PETERS, M. D. J.; STERN, C.; TUFANARU, C.; McARTHUR, A.; AROMATARIS, E. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. BMC Medical Research Methodology, v. 18, artigo 143, 2018. DOI: https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x.

OLIOSI, G.; GILES, J. A. D.; RODRIGUES, W. P.; RAMALHO, J. C.; PARTELLI, F. L. Microclimate and development of Coffea canephora cv. Conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (Toona ciliata M. Roem. var. Australis). Australian Journal of Crop Science, v. 10, n. 4, p. 528-538, 2016. DOI: https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.04.p7295x.

PARTELLI, F. L.; MARRÉ, W. B.; FALQUETO, A. R.; VIEIRA, H. D.; CAVATTI, P. C. Seasonal vegetative growth in genotypes of Coffea canephora, as related to climatic factors. Journal of Agricultural Science, v. 5, n. 8, p. 108-116, 2013. DOI: https://doi.org/10.5539/jas.v5n8p108.

PEREIRA, I. D. P.; DOUSSEAU-ARANTES, S.; MACHADO FILHO, J. A.; ARANTES, L. O.; MENDES, M. M.; SANTOS, V. F.; SOUZA, G. A. R. de; CERRI NETO, B.; CASSOL, D.; FALQUETO, A. R. Evaluating physiological traits of *Coffea canephora* clones intercropped with *Hevea brasiliensis*. *Photosynthetica*, v. 63, n. 3, p. 297-308, 2025. DOI: https://doi.org/10.32615/ps.2025.028.

PIATO, K.; LEFORT, F.; SUBÍA, C.; CAICEDO, C.; CALDERÓN, D.; PICO, J.; NORGROVE, L. Effects of shade trees on robusta coffee growth, yield and quality: a meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development, v. 40, artigo 38, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s13593-020-00642-3.

PIERIK, R.; DE WIT, M. Shade avoidance: phytochrome signalling and other aboveground neighbour detection cues. Journal of Experimental Botany, v. 65, n. 11, p. 2815-2824, 2014. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/ert389.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, N. F. et al. 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. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.01.008.

SOLIMÕES, F. C. R.; ESPINDULA, M. C.; TEIXEIRA FILHO, A. de J.; SOUSA, A. L. B. de; FERREIRA, F. M. Seasonal vegetative growth of Coffea canephora associated with two water management in the South-Western Amazon. Semina: Ciências Agrárias, v. 44, n. 4, p. 1265-1286, 2023. DOI: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n4p1265.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 20/03/2026 - **Accepted:** 15/05/2026
Vol: 13.10
DOI: 10.66104/v908th38
Pages: 1-25

TEIXEIRA, A. L.; ROCHA, R. B.; ESPINDULA, M. C.; RAMALHO, A. R.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; ALVES, E. A.; LUNZ, A. M. P.; SOUZA, F. de F.; COSTA, J. N. M.; FERNANDES, C. de F. Amazonian Robustas: new Coffea canephora coffee cultivars for the Western Brazilian Amazon. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 20, n. 3, e323420318, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3c53.

TREVISAN, E.; OLIVEIRA, M. G.; VALANI, G. P.; OLIOSI, G.; ZUCOLOTO, M.; BONOMO, R.; PARTELLI, F. L. Microclimate and development of Coffea canephora intercropped with Carica papaya: measures to mitigate climate change. Bioscience Journal, v. 38, e38094, 2022. DOI: https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-57099.

TRICCO, A. C. et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. Annals of Internal Medicine, v. 169, n. 7, p. 467-473, 2018. DOI: https://doi.org/10.7326/M18-0850.

VENANCIO, L. P.; AMARAL, J. F. T. do; CAVATTE, P. C.; VARGAS, C. T.; REIS, E. F. dos; DIAS, J. R. Vegetative growth and yield of robusta coffee genotypes cultivated under different shading levels. Bioscience Journal, v. 35, n. 5, p. 1490-1503, 2019. DOI: https://doi.org/10.14393/BJ-v35n5a2019-45039.

YULIASMARA, F.; SUMIRAT, U.; WICAKSONO, K. P.; WIDARYANTO, E. Growth and plant architecture of several introduced Coffea canephora clones under different shade levels. Pelita Perkebunan, v. 38, n. 3, p. 155-170, 2022. DOI: https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v38i3.517.