



KAIQUE JOSÉ GOULART

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CAFEIROS SUBMETIDOS A
APLICAÇÃO FOLIAR DE QUITOSANA**

**LAVRAS – MG
2023**

KAIQUE JOSÉ GOULART

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CAFEIROS SUBMETIDOS A
APLICAÇÃO FOLIAR DE QUITOSANA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Orientadora

Profa. Dra. Dalys Toledo Castanheira

Coorientador

Ms. Samuel Henrique Braga da Cunha

**LAVRAS – MG
2023**

KAIQUE GOULART

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CAFEZEIROS SUBMETIDOS A
APLICAÇÃO FOLIAR DE QUITOSANA**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO EM:

BANCA 1 - Instituição

BANCA 2 - Instituição

Profa. Dra. Dalysse Toledo Castanheira

Orientadora

Ms. Samuel Henrique Braga da Cunha

Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, por me acompanhar durante toda minha jornada e me dar discernimento, saúde e sabedoria, sem ele nada seria possível.

Aos meus pais José Antônio Goulart e Kátia Cilene de Oliveira Goulart, por me apoiarem em todas minhas decisões, por serem meu alicerce e exemplos de caráter e bondade e principalmente honestidade.

Aos meus irmãos Nathany Marcelle Goulart e Fábio Antônio Goulart, pela amizade e companheirismo.

Aos meus avós, tios e primos em geral da família Goulart

À Universidade Federal de Lavras e o Setor de Cafeicultura pela oportunidade.

Aos professores Doutor Rubens José Guimarães e Dalysse Toledo Castanheira pelos ensinamentos, orientação e paciência durante a graduação.

Ao Coorientador Ms. Samuel Cunha, pelos ensinamentos, pela amizade e pela orientação na fase final do curso.

Ao NECAF e ao GHPD, núcleos que me abriram várias portas e oportunidades auxiliando no meu desenvolvimento pessoal e profissional, pelas ótimas experiências que os núcleos me proporcionaram e pelas grandes amizades.

Aos grandes amigos que fiz durante a universidade que foram essenciais em minha jornada, e que foram fundamentais para que esse desfecho, amizades que sempre irei levar comigo.

A todos que contribuíram para a construção deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A cafeicultura possui grande relevância na agricultura brasileira, pois o país ocupa posição de destaque mundial como maior produtor e exportador. A produção brasileira de café na safra 2023 deverá registrar crescimento de 7,5% em relação ao ciclo passado. Neste ano, a colheita está estimada em 54,74 milhões de sacas beneficiadas contra 50,92 milhões de sacas em 2022. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação foliar de quitosana e irrigação sobre a produtividade e crescimento em cafeeiros. O experimento está instalado em uma lavoura de café comercial e em produção no município de Lavras-MG, utilizou-se duas cultivares (Catuaí 99 e Catuaí 2SL), onde cada cultivar representa um experimento, nos quais aplicou-se os seguintes tratamentos: Quitosana (com e sem) e Irrigação (sequeiro e irrigado), com 4 repetições. Foram avaliadas as seguintes características: número de frutos no ramo plagiotrópico (NFRP), número de nós no ramo plagiotrópico (NNP), número de frutos por roseta (NFR), enfolhamento das plantas (ENF), altura de planta (AP) diâmetro da copa (DCO), potencial hídrico foliar (PH). Para o fator irrigação, para a cultivar IAC Catuaí 99 houve diferenças significativas, o cafeeiro irrigado apresentou menor número de frutos no ramo plagiotrópico avaliado e menor número de nós no ramo plagiotrópico, porém em relação à produtividade o cafeeiro irrigado foi superior ao cultivado em sequeiro. Vale destacar para esse experimento, com a cultivar citada a quitosana ainda não apresentou efeitos significativos. Para o experimento conduzido com a cultivar Catuaí, houve efeito significativo da irrigação apenas para as características número de nós no ramo plagiotrópico e potencial hídrico foliar. A quitosana e a irrigação não influenciaram no crescimento das plantas. O estresse hídrico culminou em maiores taxas de potencial hídrico foliar em cafeeiros em sequeiro. O comportamento das duas cultivares foi bastante similar. A irrigação promoveu maiores produtividades. As técnicas agrônomicas de irrigação e aplicação de quitosana podem atenuar a deficiência hídrica.

Palavras-chave: Oligossacarídeo; *Coffea arabica*; Tolerância ao déficit hídrico.

ABSTRACT

Coffee growing is widely cultivated in Brazilian agriculture, as the country occupies a prominent position in the world as the largest producer and exporter. This year, the harvest is estimated at 54.74 million bags of green coffee 50.92 million bags in 2022. And this work will aim to evaluate the effect of different doses of chitosan on the production and induction of tolerance to water deficit in coffee trees. The experiment is installed in a commercial coffee plantation and in production in the municipality of Lavras-MG, using two cultivars (Catuaí 99 and Catucaí 2SL), where each cultivar represents an experiment, in which the following treatments were applied: Chitosan (with and without) and Irrigation (fed and irrigated), with 4 repetitions. There will be several features during the year, in many evaluations. The treatments will be applied in the crop line with the objective of determining the induction of tolerance to water deficit, number of fruits in the plagiotropic branch (NFRP), number of nodes in the plagiotropic branch (NNP), number of fruits per rosette (NFR), plant foliage (ENF), plant height (AP) canopy diameter (DCO), leaf water potential (PH) of coffee trees as a function of irrigation (I) and chitosan application (Q). For the irrigation factor, for the cultivar IAC Catuaí 99, there were differences in characteristics, in which the irrigated coffee tree presented a smaller number of fruits in the estimated plagiotropic branch and a smaller number of nodes in the plagiotropic branch, but in terms of productivity, the irrigated coffee tree was superior to the grown in dryland. It is worth highlighting for this experiment, with the aforementioned cultivar, chitosan has not yet shown influenced effects. For the controlled experiment with the Catucaí cultivar, there was a significant effect of irrigation only for the characteristics number of nodes in the plagiotropic branch and leaf water potential. Chitosan and irrigation did not influence plant growth. Water stress culminated in higher rates of leaf water potential in rainfed coffee trees. The behavior of the two cultivars was quite similar. Irrigation promoted higher yields. The agronomic techniques of irrigation and application of chitosan can alleviate water deficit and provide greater growth of coffee plants and productivity.

Keywords: Oligosaccharide; Arabica coffee; drought tolerance

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Efeito do clima na cultura do café.....	11
2.2 Irrigação	11
2.3 Quitosana.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5 CONCLUSÃO.....	21
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma importante atividade agrícola brasileira, com o país sendo o maior produtor mundial. No ano de 2023 a expectativa da produção do Brasil é de 54,74 milhões de sacas de café, em uma área de 2,25 milhões de hectares, com café arábica correspondendo a 69,3% da produção (CONAB, 2023).

Os últimos anos a cafeicultura tem passado por dificuldades decorrentes da instabilidade climática, tanto de secas e geadas recorrentes. A seca além da influência negativa na produtividade pode causar modificações do zoneamento climático onde é recomendado o plantio de cafés (CONAB, 2023). Contudo, a região do Sul de Minas é predominantemente cultivada em sistema de sequeiro, visto sua precipitação e amplitude térmicas ser adequada para a produção cafeeira.

As regiões predispostas a períodos de déficit hídrico podem ser manejadas com irrigação, amenizando o efeito da seca. O sistema mais utilizado na cafeicultura é a irrigação por gotejamento. O gotejamento promove uma irrigação localizada, que possibilita menor consumo de água em relação a outros sistemas de irrigação. Outra vantagem é sua utilização para realizar a fertirrigação, reduzindo custos com transporte na aplicação dos adubos.

Porém, várias regiões produtoras de café não dispõem de quantidade de água suficiente para que seja realizada irrigação conforme a demanda da evapotranspiração da planta. Nessas situações que não há a possibilidade de irrigar, tem-se utilizado técnicas como o uso de plantas de cobertura, cultivares tolerantes ao déficit hídrico, biopolímeros, protetores e oligossacarídeos de revestimento (CASTANHEIRA et al., 2019; VOLTOLINI et al., 2020; FIGUEIREDO, 2022). A quitosana é um derivado do polissacarídeo quitina, contendo unidades de N-acetilglicosamina e glicosamina, originados do exoesqueleto de crustáceos, moluscos e insetos (DUTTA et al., 2004).

Em mudas de *Cordyline*, tratadas com pulverização foliar de cinco concentrações de oligo-quitosana (0, 25, 50, 75 e 100 mg L⁻¹), foi observado rápido crescimento das mudas, maior peso específico da folha e maior taxa de crescimento relativo, além de melhorar a eficiência da planta fotossíntese ou baixa área foliar específica. A taxa de crescimento da raiz também aumentou em 89,13% com a aplicação de 50 mg L⁻¹ de oligo-

quitosana, o que refletiu em maior biomassa vegetal em comparação ao controle (EL-SERAFY, 2020).

O uso de bioestimulantes tem apresentado boas respostas em crescimento e produtividade. Além disso, a aplicação foliar de quitosana tem sido utilizada para mitigar os efeitos do déficit hídrico na fisiologia das plantas, como: absorção reduzida de N, diminuição da pressão de turgor das células e redução do acúmulo de espécies reativas de oxigênio, ácido abscísico, reduzindo o crescimento das plantas (MOROVVAT et al., 2021).

A cafeicultura em sequeiro pode ser afetada drasticamente pelo clima em determinadas épocas do ano. Mesmo algumas lavouras que tem irrigação não possuem quantidade de água suficiente para o fornecimento adequado de água, necessitando de estratégias que otimizem sua utilização da água. A quitosana é um oligossacarídeo promove eficiência do uso da água pelas plantas, atenuando o déficit hídrico enfrentado pelo cafeeiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação foliar de quitosana sobre a produtividade, crescimento e indução da tolerância ao déficit hídrico em cafeeiros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Efeito do clima na cultura do café

As mudanças climáticas podem gerar riscos para os ecossistemas, a biodiversidade, a saúde humana e aos sistemas alimentares, principalmente pelo aumento de temperatura, aumento da frequência e intensidade de secas em determinadas regiões, e índices extremos de chuva em outras (IPCC, 2020). A espécie *Coffea arabica* L., necessita de condições em determinada faixa de temperatura e precipitação para seu cultivo, compreendendo precipitações anuais acima de 1200 mm e temperatura média entre 18 e 22 °C (DANTAS et al., 2007; MATIELLO et al., 2016).

O cafeeiro em condições estressantes de déficit hídrico reduz sua atividade fotossintética ao fechar os estômatos, impedindo que ocorra a perda de água para a atmosfera e assim, diminui a fixação de CO₂. Nesse sentido, o déficit hídrico aliado a temperatura elevada do ar pode ocasionar prejuízos ao metabolismo celular e afetar o crescimento das plantas de café (PELOSO et al., 2017). No entanto, Oliveira 2007 simulou alterações na produtividade de duas culturas ao longo dos anos acrescentando os efeitos das mudanças climáticas e do avanço tecnológico, e mostrou que estas técnicas são capazes de reverter os prejuízos ocasionados pelas mudanças climáticas. Dessa forma, a transferência e implantação de tecnologia, assim como o manejo correto das áreas de cultivo são opções de resposta para mitigar os efeitos das mudanças climáticas (IPCC, 2020).

O clima adequado para a produção de café arábica é estipulado em precipitação de pelo menos 1.200 mm, bem distribuídas ao longo do ano, em altitudes acima de 800m (DA MATTA et al., 2007). O cafeeiro necessita de um período de déficit hídrico e temperaturas baixas para que ocorra a dormência e diferenciação das gemas reprodutivas, normalmente observado nos períodos de maio a setembro (CAMARGO e CAMARGO, 2000). As mudanças climáticas podem elevar a pressão de determinadas pragas como o bicho mineiro, encurtando o ciclo do inseto, fazendo que sua população cresça de forma mais rápida nas lavouras cafeeiras (LOMELÍ-FLORES et al., 2010).

2.2 Irrigação

A agricultura por muito tempo seguiu manejos denominados de “convencionais”, com uso indiscriminado de produtos químicos, grande revolvimento do solo e monocultivos. No entanto, ao longo dos anos sob esse sistema foi possível notar

desequilíbrios, principalmente relacionados a resistência de pragas, doenças, plantas daninhas e ao desgaste e empobrecimento dos solos (BETTIOL e GHINI, 2003). Dessa forma, hoje é notável a importância de manejos sustentáveis, que conservem o solo e aumentem a biodiversidade.

O Brasil já irriga 260.000 hectares de todo o seu parque cafeeiro, o que representa quase 10% da cafeicultura nacional. O que chama a atenção é que esta fatia irrigada responde por 25% da produção nacional, mostrando a grande competitividade da cafeicultura irrigada nacional. Os cafezais irrigados estão mais concentrados nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia e, em menor proporção, em Goiás, Mato Grosso, Rondônia e São Paulo. A irrigação tem sido utilizada mesmo nas regiões consideradas tradicionais para o cafeeiro, como o sul de Minas Gerais, Zona da Mata de Minas Gerais, Mogiana Paulista, Espírito Santo, etc (FERNANDES et al., 2022).

Tanto nas regiões tradicionais, como o sul de Minas Gerais e o Nordeste de São Paulo, como nas novas fronteiras cafeeiras, como o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a irrigação tem permitido a obtenção de excelentes resultados técnicos e econômicos. O zoneamento agroclimático da lavoura cafeeira para o Estado de Minas Gerais (MG - a maior área plantada do estado no Brasil) mostra que regiões consideradas aptas para o desenvolvimento de café arábica de sequeiro correspondem a 48,7% do estado de MG área (FERNANDES et al., 2022; COSTA et al., 2020).

A avaliação do potencial hídrico foliar é uma atividade trabalhosa, que muitas vezes não se torna uma prática acessível ao cafeicultor. Costa et al., 2020, determinaram que o estresse hídrico da cultura pode ter como indicador do potencial hídrico de uma copa de café através da temperatura das folhas, gerando imagens térmicas. O potencial hídrico da planta e a temperatura foliar são respostas fisiológicas do cafeeiro que podem ser utilizadas como indicativas do manejo da irrigação desta cultura.

Quanto aos processos fisiológicos, o café é influenciado por diversos fatores ambientais, como o suprimento de água, a temperatura do ar e os níveis de irradiância, que influenciam a floração, o desenvolvimento dos frutos e a produtividade. O fator dominante nos ciclos vegetativo e reprodutivo do café, porém, é bastante variável e depende do local de cultivo e das práticas de manejo, entre as quais a mais importante é a irrigação (DAMATTA et al., 2006; RONCHI et al., 2015; COSTA et al., 2018).

2.3 Quitosana

São considerados condicionadores produtos que aliados ao solo ou ao substrato orgânico melhoram suas propriedades. Dessa forma, existem estudos que comprovam a eficiência dos condicionadores em implantação de lavouras, no entanto, as pesquisas em cafeeiros adultos ainda são incipientes. Como exemplo de condicionadores utilizados na cafeicultura temos: casca de café, gesso agrícola, composto orgânico, polímero hidroretentor e outros (VOLTOLINI et al., 2020). A quitosana tem sido empregada em diversas áreas industriais, para revestimento de fertilizantes, alimentos, medicamentos, cosméticos e na agricultura (HA et al., 2019).

A quitosana é uma molécula que deriva da desacetilação da quitina, um dos principais polissacarídeo presentes nas paredes celulares de fungos e também em exoesqueletos dos crustáceos. A quitosanas compreende um grupo de heteropolissacarídeos de β -1-4 ligados a D-glucosamina e N-acetil D-glucosamina. Essa ampla e heterogênea grupo de macromoléculas são conhecidas como não tóxicas, biodegradáveis, biocompatíveis e polímeros hidrofílicos que se solubilizam sob condições ácidas suaves como uma poliamina catiônica (isso acontece quando o pH da solução é $<pK_a$ da quitosana) (BERGER et al., 2011; CABRERA et al., 2013; GHASEMI et al., 2017; Nguyen et al., 2020).

As propriedades que definem as atividades biológicas da quitosana são o grau de acetilação, desacetilação, peso molecular e grau de polimerização. Na agricultura, a quitosana é agora usada como componente de vários novos bioestimulantes. Durante a última década, esses polímeros foram relatados como intensificadores e reguladores de crescimento, desenvolvimento e produção de plantas em várias culturas. Além disso a esta atividade bioestimulante, a quitosana também tem um efeito antimicrobiano direto no crescimento e desenvolvimento de muitos patógenos, incluindo fungos, oomicetos e bactérias, vírus, bem como insetos. Um antimicrobiano indireto efeito dessas moléculas por sua resposta de defesa de plantas de indução (melhoria de resistências basais de plantas) contra doenças patogênicas (IRITI et al., 2009; DZUNG et al., 2011; GHASEMI et al., 2017; Nguyen et al., 2020). Embora a utilização da quitosana na agricultura seja ampla, poucas pesquisas tem sido direcionadas a eficiência do uso da água pelas plantas, sobretudo na cafeicultura (FIGUEIREDO, 2022).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em fevereiro de 2021, em uma lavoura de café comercial e em produção no município de Lavras-MG, utilizou-se duas cultivares de *Coffea arabica* (Catuai IAC 99 e Catucaí 2SL), onde cada cultivar representa um experimento. Os trabalhos foram caracterizados pela aplicação dos seguintes tratamentos: Quitosana (com e sem) e Irrigação (sequeiro e irrigado), em sistema de parcelas subdivididas, em arranjo fatorial 2x2. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições.

Tabela 1. Tratamentos com utilização de quitosana e irrigação com a cultivar de café Catucaí 2SL.

TRAT	BIOPOLÍMERO	SISTEMA DE CULTIVO	CULTIVAR
T1	Quitosana	Irigado	CATUCAÍ 2SL
T2	Quitosana	Sequeiro	CATUCAÍ 2SL
T3	Sem quitosana	Irigado	CATUCAÍ 2SL
T4	Sem quitosana	Sequeiro	CATUCAÍ 2SL

Fonte: Do Autor (2023).

Tabela 2. Tratamentos com utilização de quitosana e irrigação com a cultivar de café Catuai IAC 99.

TRAT	BIOPOLÍMERO	SISTEMA DE CULTIVO	CULTIVAR
T1	Quitosana	Irigado	CATUAÍ IAC 99
T2	Quitosana	Sequeiro	CATUAÍ IAC 99
T3	Sem quitosana	Irigado	CATUAÍ IAC 99
T4	Sem quitosana	Sequeiro	CATUAÍ IAC 99

Fonte: Do Autor (2023).

As aplicações foliares de quitosana foram realizadas com pulverizador costal elétrico, totalizando três aplicações nos meses de fevereiro (23-02-2021), março (30-03-2021) e maio (04-05-2021). A quitosana foi aplicada em uma concentração de 300 mg L⁻¹, solubilizada em ácido acético 0,1 %, sendo que a diluição da quitosana em ácido foi realizada no mesmo dia das aplicações.

As variáveis de crescimento avaliadas na condução do experimento foram:

- Número de nós no ramo plagiotrópico (NNP),
- Enfolhamento das plantas, com notas visuais variando 0 a 100% (ENF),
- Diâmetro da copa (COP) avaliado com régua graduada em cm.
- Altura de planta (AP), avaliada com régua graduada em cm.

As avaliações relacionadas a produção foram:

- número de frutos no ramo plagiotrópico (NFRP),
- número de frutos por roseta (NFR),
- produtividade em sacas de café beneficiado de 60 kg por hectare (PROD),
- renda,kg de café beneficiado em relação ao café em coco (RENDA),
- rendimento em litros de café maduro para obtenção de uma saca de café beneficiado e produtividade em sacas por hectare (REND).

Por fim, foi avaliado o potencial hídrico foliar (PH) no período antemanhã (3 h às 5 h da manhã), com uma câmara de pressão tipo Scholander (modelo 1000, PMS Instrument Company), com operação de até 70 bar. As folhas coletadas no campo, completamente expandidas e livres de pragas e doenças, foram inseridas na câmara e, posteriormente, aplicou-se uma pressão até que ocorresse a exsudação pelo corte feito no pecíolo da folha.

Os resíduos dos dados foram submetidos às pressuposições da ANOVA, verificando-se a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste Bartlett. Logo depois, realizou-se a análise de variância com a significância das fontes de variação verificada pelo teste F. Os dados foram submetidos a análise de médias com o teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Esses procedimentos estatísticos foram realizados por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016) e os gráficos plotados pelo Sigmaplot (SYSTAT SOFTWARE Inc, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria das médias das variáveis analisadas não apresentaram diferenças significativas. O cafeeiro por ser uma cultura perene pode ter sofrido influência de outros fatores, além dessa lavoura estar em produção, favorecendo para que os resultados sejam a longo prazo, e a condução do experimento apresentar menos de um ano.

Resultados do experimento de campo – cultivar Catuaí IAC 99

Houve significância apenas para as características número de frutos no ramo plagiotrópico (NFRP) número de nós no ramo plagiotrópico (NNP) e produtividade, em função do fator irrigação (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis, número de frutos no ramo plagiotrópico (NFRP), número de nós no ramo plagiotrópico (NNP), número de frutos por roseta (NFR), enfolhamento das plantas (ENF), altura de planta (AP) diâmetro da copa (DCO), potencial hídrico foliar (PH) de cafeeiros em função da irrigação (I) e da aplicação da quitosana (Q).

FV	GL	Quadrados Médios						
		NFRP	NNP	NFR	ENF	AP (cm)	DCO (cm)	PH (bar)
Irrigação	1	115,51*	61,42*	2,01	0,087	0,004	0,017	0,81
Quitosana	1	36,03	4,69	2,01	0,390	0,003	0,079	0,02
Q*I	1	10,03	1,55	1,55	0,016	0,001	0,001	9,61
Bloco	3	2,59	1,32	0,86	0,150	0,003	0,034	2,12
Erro	9	17,21	10,29	1,21	0,195	0,014	0,016	2,68
CV (%)		31,07	17,32	26,09	11,89	4,06	5,24	54,85

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do Autor (2023).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis, porcentagem de frutos verdes (%V) porcentagem de frutos verde-cana (%VC), porcentagem de frutos cereja (%C), porcentagem de frutos passa/seco (%P), renda, rendimento e produtividade (PROD) de cafeeiros em função da irrigação (I) e da aplicação da quitosana (Q).

FV	GL	Quadrados Médios						
		%V	%VC	%C	%P	Renda (kg.kg ⁻¹)	Rendimento (lt.sc ⁻¹)	PROD (scs.ha ⁻¹)
Irrigação	1	34,30	16,99	17,06	199,02	0,0005	5708,93	282,39*
Quitosana	1	241,06	0,03	67,70	50,57	0,0135	138,87	82,16
Q*I	1	0,051	44,18	3,14	26,01	0,0169	3907,73	1,76
Bloco	3	255,86	41,25	37,81	365,47	0,0133	3312,06	163,14
Erro	9	99,07	25,84	37,90	174,69	0,0065	3446,30	43,19
CV (%)		39,32	47,81	20,08	39,59	3,69	9,57	49,28

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do Autor (2023).

Figueiredo, 2022 avaliando aplicação de diferentes tipos de cobertura e condicionadores de solo em cafeeiro em formação não observou diferenças com a quitosana em relação ao crescimento das plantas. Porém, este autor observou o melhor desempenho da quitosana no enfolhamento do cafeeiro em relação aos demais condicionadores. Nguyen et al., 2020 pesquisando o uso da quitosana no controle de nematoides *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus coffeae* observaram maior crescimento de mudas de café robusta. Essa resposta positiva foi em obtido indiretamente, em decorrência dos nematoides (NGUYEN et al., 2020).

Os efeitos da quitosana e soluções de oligômeros de quitosana nas características biofísicas, crescimento, desenvolvimento e resistência à seca do café foram investigados. Os experimentos envolvendo a pulverização de quitosana e oligômero de quitosana nas folhas de café foram conduzidos em casa de vegetação e no campo. A concentração de quitosana e solução de oligômero de quitosana utilizada foi de 0, 20, 40,60 e 80 ppm. Os resultados obtidos mostraram que o oligômero de quitosana aumentou fortemente o teor de clorofilas e carotenóides nas folhas de mudas de café em até 46,38-73,51% em comparação com o controle de casa de vegetação. A aplicação de oligômeros de quitosana também aumentou a absorção de minerais pelo café e estimulou o crescimento das mudas

de café. A pulverização de oligômeros de quitosana com concentração de 60 ppm aumentou a altura das mudas de café em até 33,51%, no diâmetro do caule em até 30,77% e na área da folha em até 60,53% (NGUYEN et al., 2011).

O kappa-oligocarragenano (OC) é bem conhecido como um promotor e eliciador eficaz do crescimento de plantas. No entanto, seu efeito sobre o cafeeiro ainda não foi investigado. Foram conduzidos experimento por pulverização foliar quatro vezes por ano em várias concentrações de OC (50, 100, 150, 200 e 250 ppm) por três anos (2017-2019). O OC promoveu o crescimento do cafeeiro em todas as concentrações testadas, sendo que uma concentração otimizada foi encontrada em 150 ppm que apresentou um aumento significativo em comparação com a planta controle em clorofila total, carotenoide, absorção de N, P e K nas folhas, rendimento da cultura e tamanho do feijão (SAN et al., 2021).

Para o fator irrigação, para a cultivar IAC Catuaí 99 houve diferenças significativas, o cafeeiro irrigado apresentou menor número de frutos no ramo plagiotrópico avaliado e menor número de nós no ramo plagiotrópico, porém em relação a produtividade o cafeeiro irrigado foi superior ao cultivado em sequeiro (Tabela 5). Vale destacar para esse experimento, com a cultivar citada a quitosana ainda não apresentou efeitos significativos.

Tabela 5. Médias do número de frutos no ramo plagiotrópico (NFRP), número de nós no ramo plagiotrópico (NNP) e produtividade (scs.ha⁻¹) das plantas de cafeeiro cultivado com irrigação e em sequeiro.

Irrigação	NFRP	NNP	Produtividade (scs.ha ⁻¹)
Irigado	10,66 b	16,56 b	17,99 a
Sequeiro	16,04 a	20,48 a	9,58 b
C.V.%	31,07	17,32	49,80

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2023).

A maioria dos trabalhos científicos tem priorizado o aumento da eficiência de aplicação e uso da água de irrigação com base em ferramentas operacionais e na modernização dos equipamentos (LIMA et al., 2020). Não obstante, outra forma seria favorecer a capacidade do solo em armazenar água a partir da adoção de sistemas de

manejo que promovam o incremento da matéria orgânica no solo (FERNANDES et al., 2020). O regime de irrigação aumentou a densidade do solo na camada superficial do solo, sem prejudicar sua capacidade de armazenamento de água (ROCHA et al., 2014). Não obstante, em geral, considera-se que o volume de macroporos de $0,25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ representa boa aeração; entre $0,10$ e $0,25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, uma limitada troca gasosa; e abaixo de $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, aeração deficiente.

Resultados do experimento de campo – cultivar Catucaí 2SL.

Para o experimento conduzido com a cultivar Catucaí, houve efeito significativo da irrigação apenas para as características número de nós no ramo plagiotrópico e potencial hídrico foliar (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis, número de frutos no ramo plagiotrópico (NFRP), número de nós no ramo plagiotrópico (NNP), número de frutos por roseta (NFR), enfolhamento das plantas (ENF), altura de planta (AP) diâmetro da copa (DCO), potencial hídrico foliar (PH) de cafeeiros em função da irrigação (I) e da aplicação da quitosana (Q).

FV	GL	Quadrados Médios						
		NFRP	NNP	NFR	ENF	AP (cm)	DCO (cm)	PH (bar)
Irrigação	1	60,64	46,13*	1,89	0,174	0,00005	0,018	12,07*
Quitosana	1	41,69	15,66	0,01	0,006	0,0105	0,0039	0,68
Q*I	1	104,19	0,001	3,52	0,000006	0,0033	0,0095	0,14
Bloco	3	33,10	9,73	4,35	0,014	0,0208	0,0224	0,23
Erro	9	46,71	7,88	1,56	0,045	0,0035	0,0183	1,52
CV (%)		39,32	47,81	20,08	39,59	3,69	9,57	49,28

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2023).

Nota-se que o número de frutos no ramo plagiotrópico para a cultivar Catucaí foi superior em cafeeiros cultivados com irrigação, por outro lado o potencial hídrico foi inferior nesse tipo de sistema (Tabela 7).

Tabela 7. Médias do número de frutos no ramo plagiotrópico (NFRP), e potencial hídrico foliar das plantas de cafeeiro cultivado com irrigação e em sequeiro.

Irrigação	NFRP	PH (bar)
Irigado	20,29 a	-1,80 b
Sequeiro	16,89 b	-3,53 a
C.V. (%)	47,81	49,28

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2023).

Além disso, a aplicação de oligômeros de quitosana reduziu em 9,5-25,1% a transpiração das folhas aos 60 e 120 min. Portanto, a aplicação de oligômero de quitosana pode ser uma boa forma de aumentar a resistência à seca das mudas de café. A aplicação do oligômero de quitosana em condições de campo aumentou o teor de clorofilas totais em até 15,36% em relação ao controle. A aplicação de oligômeros de quitosana também aumentou a absorção de minerais pelo café em 9,49% N; 11,76% P; 0,98% K; 18,75% Mg; 3,77% Ca e diminuiu 15,25% a taxa de frutos caídos em relação ao controle, contribuiu para aumentar a produtividade e desenvolver a produção sustentável de café no Vietnã (NGUYEN et al., 2011). De acordo com a tabela 8, nota-se que houve efeito significativo da interação quitosana e irrigação para as características porcentagem de frutos verdes, porcentagem de frutos cereja e produtividade, sendo que para as demais características não houve significância dos tratamentos aplicados.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para as variáveis, porcentagem de frutos verdes (%V) porcentagem de frutos verde-cana (%VC), porcentagem de frutos cereja (%C), porcentagem de frutos passa/seco (%P), renda, rendimento e produtividade (PROD) de cafeeiros em função da irrigação (I) e da aplicação da quitosana (Q)

FV	GL	Quadrados Médios						
		%V	%VC	%C	%P	Renda (kg.kg ⁻¹)	Rendimento (lt.sc ⁻¹)	PROD (scs.ha ⁻¹)
Irrigação	1	109,30	17,00	72,67	36,65	0,00005	60,36	0,04
Quitosana	1	190,70	50,47	38,12	217,24	0,0286	3195,14	0,21
Q*I	1	404,28*	62,93	437,94*	50,59	0,0008	1022,82	20,34*
Bloco	3	98,21	67,34	56,46	176,61	0,0042	998,92	6,27
Erro	9	70,36	14,93	84,77	72,67	0,0166	2959,19	3,14
CV (%)		51,07	20,06	22,54	30,55	5,75	9,21	25,98

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Do autor (2023).

Na tabela 9, observa-se que o cafeeiro irrigado, com a aplicação da quitosana apresentou maior porcentagem de frutos verdes, já em sequeiro o tratamento com quitosana apresentou menor porcentagem de frutos verdes. Para a porcentagem de frutos cereja segue observa-se também que para o cafeeiro irrigado, os tratamentos que receberam a aplicação da quitosana foram inferiores ao que não receberam, já em sequeiro os tratamentos com quitosana apresentaram maior porcentagem de frutos cereja comparado aos cafeeiros que não foram tratados com quitosana. Para a produtividade nota-se que o cafeeiro irrigado sem quitosana apresentou maior produtividade que o cafeeiro com quitosana. Já em sequeiro o cafeeiro tratado com quitosana apresentou tendência de produzir mais que o cafeeiro que não foi tratado com quitosana, porém não houve diferença significativa, apenas em valores.

Tabela 9 - Médias da porcentagem de frutos verdes (%V), porcentagem de frutos cereja (% C) e produtividade (sacas.ha⁻¹) de cafeeiros em função aplicação de quitosana e da irrigação.

Quitosana	Irrigação					
	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro	Irrigado	Sequeiro
	%V		%C		Produtividade (sc.ha ⁻¹)	
Sem	10,55 bA	15,38 aA	45,89 aA	39,28 bA	8,12 aA	5,76 aB
Com	27,51 aA	12,23 Bb	31,93 bB	46,66 aA	5,63 bA	7,78 aA
C.V. (%)	51,07	7,41	22,54	12,41	25,98	27,41

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Do autor (2023).

Os quitosacarídeos em menor concentração, atua principalmente como um agente de regulador de crescimento vegetal, em concentrações mais altas, a quitosana foi predominante um biocida. No entanto, ambas as atividades biológicas podem levar a maior rendimento das colheitas, obtida pelas propriedades físico-químicas da quitosana (CABRERA et al., 2013).

5. CONCLUSÃO

1. A quitosana e a irrigação não influenciaram no crescimento das plantas.
2. O estresse hídrico culminou em maior taxas de potencial hídrico foliar em cafeeiros em sequeiro.
3. O comportamento das duas cultivares foi bastante similar
4. A irrigação promoveu maiores produtividades.
5. As técnicas agronômicas de irrigação e aplicação de quitosana podem atenuar a deficiência hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BETTIOL, W.; GHINI, R. **Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos**. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. Métodos alternativos de controle fitossanitário. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.80-96.

BRASIL. CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira - Café: segundo levantamento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>. Acesso em 28/05/2023.

BRASIL. CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira - Café: quarto levantamento**. **Observatório Agrícola**, Brasília, v. 5, n. 2818-7913, p. 1-45, dez. 2023.

CABRERA, J. C. et al. Practical Use of Oligosaccharins in Agriculture. **Acta Hort**, 1009, ISHS, p. 195-212, 2013.

COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro ‘Catuai’. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009.

Costa JO, Coelho RD, Barros THS, Fraga Júnior EF, Fernandes ALT. 2018. Physiological responses of coffee tree under different irrigation levels. **Engenharia Agrícola** 38: 648–656, 2018.

COSTA, J. O.; COELHO, R. D.; BARROS, T. H. S.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; FERNANDES, A. L. T. Canopy thermal response to water deficit of coffee plants under **drip irrigation**. V. 12, 2020.

Da Matta FM, Ramalho JDC. 2006. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 18: 55–81.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, dez. 2007.

DUTTA, P. K. *et al.* Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications.

Journal of Scientific & Industrial Researchs, [S. l.], v. 63, p. 20-31, 2004.

DZUNG, N. A.; KHANH, V. T. P.; DZUNG, T. T. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. **Carbohydrate Polymers**, [S.l.], v. 84, n. 2, p.751-755, mar. 2011.

DZUNG, N.; Luong, T.; Nguyen, T.; Jung, W. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. 2011. **Carbohydrates Polymers**, v. 84, p. 751-755, 2011.

EL-SERAFY, R. S. Phenotypic Plasticity, Biomass Allocation, and Biochemical Analysis of Cordyline Seedlings in Response to Oligo-Chitosan Foliar Spray. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, p. 1503 -1514, 2020.

FERNANDES, A. L. T.; SILVA, R. O.; FRAGA JR, E. F.; SANTANA, M. J.; DIAS, M. M. Use of organic fertilization with irrigation in coffee production in brazilian cerrado. **Revista Ambiente e Água**, v. 15, p. 1-13, 2020.

GHASEMI, PIRBALOUTI, A. et al. Exogenous application of chitosan on biochemical and physiological characteristics, phenolic content and antioxidant activity of twospecies of basil (*Ocimum ciliatum* and *Ocimum basilicum*) underreduced irrigation. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 217, p. 114-122, mar. 2017.

HA, N. M. C. et al. Preparation of NPK nanofertilizer based on chitosan nanoparticles and its effect on biophysical characteristics and growth of coffee in green house. **Springer**, v. 45, p. 51-63, 2019.

IRITI, M. *et al.* Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure, **Environ. Exp. Bot.** [S. l.], v. 66, p. 493–500, 2009.

LIMA, J. V. O.; FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; CRUZ, E. O. H.; CRUZ, J. P. H. SANTANA, M. J. Avaliação do consumo de água e energia elétrica utilizando sensores iot na irrigação do café. **Revista brasileira de agricultura irrigada**, v. 14, p. 3844-3853, 2020.

LOMELÍ-FLORES, J. R. et al. Impacts of weather, shade cover and elevation on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics and natural enemie. **Crop Protection**, v. 29, n. 9, p. 1039-1048, 2010.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. A.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações, Varginha: Fundação Procafé, 2016. 542 p.

MOROVVAT, S. A. Effects of Foliar Application Chitosan and Salicylic Acid on Physiological Characteristics and Yield under Deficit Irrigation Condition, **AGRIVITA Journal of Agricultural Science**, v. 43, n. 1, p. 101-113, 2021.

Nguyen, D.; Luong, T.; Nguyen, T.; Jung, W. Nematicidal activity of cinnamon bark extracts and chitosan against *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus coffeae*, **Nematology**, v. 23, n. 6, p. 655-666, 2020.

OLIVEIRA, L.J.C. de. **Mudanças climáticas e seus impactos na produtividade das culturas do feijão e do milho no Estado de Minas Gerais**. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; AMARAL, J. F. T. Limitações do crescimento vegetativo em cafeeiro arábica promovido pelo déficit hídrico. **Revista engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 139-147, 2017.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; RAMOS, M. L. G.; OLIVEIRA, A. S.; BARTHOLO, G. F. Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 516 - 526, 2014.

ROCHA, O.C. et al. Qualidade físico-hídrica de um latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, v.9, p.516-526, 2014.

RONCHI, C. P, de Araújo FC, de Almeida WL, da Silva MAA, Magalhães CEO, de Oliveira LB, Drumond LCD. 2015. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao deficit hídrico para concentração da florada no cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: 24–32;

SÁ JÚNIOR, A. de et al. Application of the Koppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, Apr. 2012. SAMANTA, S.; SINGH, A.; ROYCHOUDHURY, A. Involvement of sulfúrio in the regulation of abiotic stress tolerance in plants. In: ROYCHOUDHURY, A.; TRIPATHI, D. K. (Ed). **Protective chemical agents in the amelioration of plant abiotic stress: Biochemical and molecular perspectives**. India: Wiley-Blackwell, 2020. P. 437-466.

SÁ JÚNIOR, A. de *et al.* Application of the Koppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, Apr. 2012.

SAN, P. T. et al. Impacts of κ - Oligocarrageenan Application on Photosynthesis, Nutrient Uptake and Bean Yield of Coffee (*Coffea robusta*). **Sains Malaysiana**, v. 50, n. 11, p. 3171-3179, 2011.

SERAFIM, M. E. et al. Disponibilidade hídrica e distinção de ambientes para cultivo de cafeeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 362-370, abr. 2013.

SYSTAT SOFTWARE Inc. - SSI. **Sigmaplot for Windows**, version 11.0. 2008. Disponível em: <http://www.systat.com/products/sigmaplot/>. Acesso em: 13 de julho de 2021.

VOLTOLINI, G. B. **Produtividade, qualidade e custo de produção de cafeeiros em função de diferentes técnicas agrônomicas**. 2019. 88 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

VOLTOLINI, G. B.; SILVA, L. C.; ALECRIM, A. O.; CASTANHEIRA, D. T.; RESENDE, L. S.; REZENDE, T. T.; GUIMARÃES, R. J. Soil chemical attributes in coffee growing with different agronomic techniques. **Coffee Science**, [S.L.], v. 15, p. 1-11, 2020.