

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

THIAGO AUGUSTO FURCO SOARES

PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO IRRIGADO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM
TRATAMENTO ELETROMAGNÉTICO

Monte Carmelo
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

THIAGO AUGUSTO FURCO SOARES

PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO IRRIGADO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM
TRATAMENTO ELETROMAGNÉTICO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior

Monte Carmelo
2019

THIAGO AUGUSTO FURCO SOARES

PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO IRRIGADO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM
TRATAMENTO ELETROMAGNÉTICO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 12 de dezembro de 2019.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Junior
Orientador

Prof. Dr. Jefferson de Oliveira Costa
Membro da Banca

Prof. Dr. Osvaldo Rettore Neto
Membro da Banca

Monte Carmelo
2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me dar força e sabedoria para completar essa jornada.

Aos meus pais Rosimeire Aparecida Furco Soares e Delcimar Soares, por tudo que eles fizeram para que esse sonho fosse realizado, conselhos, incentivo e educação. Sem os sacrifícios que fizeram por mim esse sonho jamais seria realizado.

Aos meus familiares e amigos que me apoiaram e sempre acreditam em mim nessa jornada.

A minha irmã Emanuela Maria Furco Soares, por toda ajuda, preocupação e companheirismo, que foi fundamental para que eu pudesse chegar onde estou.

A minha namorada Maria Laura Jacomini Calisto Jose, por todo carinho, atenção e compreensão da minha ausência pelo tempo dedicado aos estudos.

A Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, pela oportunidade e contribuição para a minha formação profissional e pessoal, e a todo corpo docente que contribuiu para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

A meu orientador Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior, pelos conselhos, ensinamentos, amizade, paciência e pelas oportunidades que foram dadas nesse período de parceria.

Ao proprietário Luís Augusto Monguilod, funcionários da fazenda por todo apoio durante o trabalho.

Ao Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados – CinCi, e todos os membros do grupo, pelo apoio na pesquisa e amizade.

A banca examinadora por aceitarem o convite e contribuir para melhorias no meu trabalho.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	7
2.OBJETIVO.....	8
3.REVISÃO DE LITERATURA	8
3.1. Cultura do Café	8
3.2. Cafeicultura irrigada.....	9
3.3. Irrigação por gotejamento	10
3.5. Água Eletromagnetizada	11
4.MATERIAL E MÉTODOS	12
5.RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
6.CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

RESUMO

O Cerrado Mineiro se apresenta como um grande polo da produção de café mundial, isso se deve ao fato de serem empregadas altas tecnologias nesta cultura, permitindo assim a obtenção de elevadas produtividades e qualidade. Uma prática que permite esse incremento é a irrigação com água eletromagnetizada, onde o emprego do campo magnético na água é um processo seguro e acessível, capaz de melhorar a qualidade da água. Com isso, objetivou-se avaliar a produtividade no café (*Coffea arabica* L.) irrigado com diferentes lâminas de irrigação utilizando água normal e água eletromagnetizada. O dado experimento ocorreu na Fazenda Vitória II, localizado no município de Monte Carmelo, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com 4 blocos, onde foram avaliados 2 tipos de água (água normal, água eletromagnetizada), com 4 diferentes lâminas de irrigação testadas, sendo 125%, 100%, 75%, 50%, todas baseadas na reposição necessária do consumo hídrico diário, totalizando 32 parcelas, onde cada parcela foi composta de 18 plantas. Para a avaliação da produtividade na Safra 2018/2019, foi realizada a colheita de 6 plantas por parcela, medindo-se o volume e peso do café colhido nas plantas. Logo em seguida o café foi beneficiado assim obtendo a produtividade em sacas beneficiadas por hectare. As variáveis estudadas foram: volume de café no chão, a maturação dos frutos e a classificação por peneira, e produtividade e defeitos dos grãos do cafeeiro. Considerando os resultados somente em duas safras 2017/2018 e 2018/2019, conclui-se que o uso do tratamento eletromagnético proporcionou ganhos significativos positivos de produtividade acumulada na cultura do cafeeiro, levando em consideração a média dos resultados das duas safras avaliadas. A diferença entre os patamares de produtividade das duas safras avaliadas reflete a bienalidade da cultura do cafeeiro, sendo os resultados da safra 2018/2019 fortemente impactados pela alta produção com o tratamento eletromagnético na safra 2017/2018. O tratamento eletromagnético na irrigação ainda demonstrou ganhos significativos positivos para a cultura tanto nos critérios de classificação por peneira 16 acima, quanto para a avaliação de defeitos por grãos pretos. As demais avaliações de volume de café no chão e maturação de grãos necessitam da continuidade dos estudos para determinação estatística consolidada dos parâmetros.

Palavras-Chave: *Coffea arabica*, manejo de irrigação, incremento de produção.

ABSTRACT

The Cerrado Mineiro presents as a bigger center of world coffee production, which should be used in fact using high tech clothes in this culture, thus allowing the use of productive and quality products. A practice that allows this increase is irrigation with electromagnetic water, where the use of magnetic field in water is a safe and affordable process, capable of improving water quality. With this, you can evaluate a filter on coffee (*Coffea arabica* L.) irrigated with different irrigation blades using normal water and electromagnetized water. The experimental data occurred in the Vitória II farm, located in Monte Carmelo, or the experimental design used in randomized blocks (DBC), with 4 blocks, where 2 types of water (normal water, electromagnetic water) were used 4 different irrigation test slides, 125%, 100%, 75%, 50%, all replacement options allowed for daily water consumption, totaling 32 plots, where each plot consisted of 18 plants. For an evaluation of the 2018/2019 harvest, 6 plants were harvested per plot, measuring the volume and weight of the coffee harvested in the plants. Shortly thereafter, the coffee was benefited, as well as a search on bags benefited per hectare. The variables studied were: ground coffee volume, fruit maturation and sieve classification, and coffee evaluation. Considering the results only in two harvests 2017/2018 and 2018/2019, it was concluded that the use of electromagnetic treatment provided significant positive gains in productivity accumulated in the coffee crop, taking into account the average results of the two harvests evaluated. The difference between the productivity levels of the two evaluated harvests reflects the biannuality of the coffee crop, with the results of the 2018/2019 crop being strongly impacted by high production with electromagnetic treatment in the 2017/2018 crop. The electromagnetic treatment in irrigation also demonstrated significant positive gains for the crop both in the classification criteria for sieve 16 above and for the evaluation of defects by black grains. Other evaluations of ground coffee volume and grain maturation require further studies to validate the parameters.

Keywords: Coffee, Irrigation management, production increment.

1.INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de café do mundo, na safra de 2019 há uma previsão de uma bienalidade negativa, tendo-se provavelmente uma menor produção comparada a safra de 2018 na qual foram colhidas 61,7 milhões de sacas beneficiadas. A produção em 2019 deve alcançar 49 milhões de sacas beneficiadas, aproximadamente. A espécie *Coffea arabica* representa a maior parte dessa produção, respondendo por 34,5 milhões de sacas na safra atual (CONAB, 2019). Minas Gerais é o estado com maior produção estimada, devendo apresentar uma produção de 24,52 milhões de sacas de café arábica, o que representa 55% da produção total (CONAB, 2019).

No Brasil as primeiras lavouras de café arábica foram implantadas em locais onde havia disponibilidade hídrica em seus períodos críticos, porém com a expansão do café para novas regiões como o Cerrado, adotou-se práticas buscando a adaptação da cultura a essas novas áreas, como a irrigação.

O café do cerrado brasileiro é conhecido por produzir uma bebida de alta qualidade, isso se deve as características climáticas da região que apresenta um verão quente com elevada precipitação e um inverno seco pouco chuvoso (FERNANDES, 2012). Dessa forma a irrigação se torna uma prática indispensável para a produção dessa cultura no cerrado principalmente na época de seca. Segundo Bonomo et al. (2008), a irrigação proporcionou o dobro de produtividade no cerrado goiano em comparação com o cultivo em sequeiro.

Até em área que a cafeicultura já é consagrada a irrigação é recomendada devido ao fato dessas áreas sofrerem o efeito do extenso período de estiagem nas fases em que a demanda de água é crítica (SOARES et al., 2005). A escassez de água é um problema que vem se tornando cada vez mais recorrente em várias regiões onde a irrigação é necessária, sendo de grande importância a eficácia no uso desse recurso, assim sendo, é importante saber a lâmina de água a ser aplicada ou o manejo que será utilizado na irrigação (VICENTE et al., 2015).

A água quando submetida a um campo magnético causa redução ou ruptura entre as ligações de hidrogênio, formando assim moléculas de água ou “cluster” de menor tamanho, assim esse novo arranjo de moléculas pode prevenir entupimentos, maior facilidade de absorção de água pelas plantas e conseqüentemente, uma diminuição na quantidade de água utilizada na irrigação (ELIAS 2015).

2.OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o volume de café no chão, a maturação dos frutos, classificação por peneira, a produtividade e defeitos de grãos na cultura do café submetida a diferentes lâminas de irrigação com e sem tratamento eletromagnético, na safra 2017/2018 e 2018/2019.

3.REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultura do Café

O café é classificado como membro da família botânica Rubiaceae, e teve seu gênero descrito por Lineu como *Coffea*. O grão do café é o produto desejado da planta, especificadamente o endosperma. O fruto no estágio de cereja possui exocarpo (casca), mesocarpo (mucilagem), e endocarpo (pergaminho), e por dentro encontra-se a semente com embrião e endosperma (GOULART et al., 2007). As espécies de maior importância no cenário econômico são a *Coffea arabica* L. (café arábica) que corresponde a 75% da produção mundial e possui melhor qualidade na bebida, e a *Coffea canephora* (café robusta ou conilon) que representa 25% da produção e em sua maioria são utilizados na mistura com o café arábica para a obtenção de um produto com valor reduzido (GASPARI-PEZZOPANE et al., 2004).

A lavoura cafeeira responde muito bem aos tratos culturais e manejo nela aplicados, devido ser uma cultura altamente responsiva. Outra característica encontrada de peculiar é a bienalidade. Portanto, quando o foco da produção é qualidade e quantidade, as técnicas de condução da lavoura devem ser minuciosamente planejadas, ou seja, optando pela instalação de irrigação, adubação e calagem adequada, densidade populacional calculada de forma mais exata para a expectativa de produção e podas, por exemplo (FILHO et al., 2016).

No Brasil a produção de café se mostra com grande relevância na economia desde o início do século XX, quando demonstrou seu potencial promissor. A cultura foi responsável pelo desenvolvimento da economia nacional, devido a produção diretamente ligada ao setor

primário, ainda nessa etapa houve geração de serviços e posteriormente também o produto é industrializado. Visto isto, o café pode ser exportado na forma de café verde e industrializado, sendo que o industrializado possui maior valor agregado devido o trabalho para transformação em café solúvel, torrado ou moído. Embora tenha uma vantagem em agregar valor, o Brasil exporta de ambas as formas e isto contribui com o PIB (SEREIA et al., 2008).

De acordo com a CONAB (2017), o Brasil é o maior exportador de café do mundo, sendo os principais importadores do café brasileiro, países como a Alemanha, Itália, Bélgica e Japão. Os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná são os principais produtores de café. O maior produtor é Minas Gerais, e suas lavouras em maior parte são de café arábica, isto se deve a maior adaptação da espécie as condições climáticas e ambientais do estado, que por sua vez são capazes de produzir café de alta qualidade e produtividade elevada.

3.2. Cafeicultura irrigada

De acordo com Vicente et al. (2015), a irrigação foi responsável por mudar a realidade das lavouras cafeeiras que antes eram cultivadas apenas em áreas que tinham condições ambientais propícias, como regime hídrico e temperatura. Com isso a possibilidade do plantio de café em novas áreas surgiu, desenvolvendo desta forma novos polos cafeeiros. Além disso, a irrigação é recomendada mesmo em áreas tradicionalmente cafeeiras, pois assim é possível manter o regime hídrico de forma regular, mesmo nas épocas de estiagem que ocorre ao longo do ano, garantindo que as plantas não passem por situações de estresse e consequentemente acarretando na perda de potencial produtivo (SOARES et al., 2005).

As condições climáticas do Cerrado, por exemplo, se mostram pouco favoráveis para o cultivo do café, porém com a instalação da irrigação a perspectiva foi alterada, transformando o Cerrado em uma região com grandes cafeicultores (LIMA et al., 2015). Na atual realidade, a região é típica de cafeicultura e se encontra renomada no mercado, devido sua qualidade e produtividade serem elevadas (FERNANDES et al., 2012).

Portanto o uso da irrigação traz benefícios tanto no crescimento quanto na produção, e o sistema deve utilizar os recursos de forma racional e consciente, por isso se explica a quantidade de pesquisas entorno dos sistemas de irrigação, sendo elas com enfoque nas lâminas

de água, e tipo de sistema de irrigação a ser adotado. Com isso, o manejo da irrigação vai se aperfeiçoando para melhor se adequar as necessidades e ao meio ambiente (BUSATO et al., 2007).

3.3. Irrigação por gotejamento

Conforme Souza et al. (2011), a escassez de água é cada vez mais nítida, portanto, alternativas são cada vez mais necessárias para se adequar a realidade, pois antes os recursos hídricos eram considerados abundantes e com o tempo percebeu-se que o fato é o contrário. Com isto na irrigação alternativas também foram desenvolvidas e aplicadas para aprimorar a eficiência na utilização de água que é limitada. O sistema de gotejamento se enquadra a situação perfeitamente, devido sua alta eficiência na aplicação da água que ocorre de forma localizada e precisa. Esta tática proporciona a redução não só de água, mas consequentemente também de energia, o que reflete na diminuição dos custos de produção (CUNHA et al., 2018).

A perda de água como já dita é menor neste sistema de irrigação, e esta economia acontece durante todo o percurso da água na lavoura até chegar a planta em si, ou seja, é perceptível desde o início do abastecimento até quando a saída da água pelos gotejadores (MARTINS et al., 2007).

Conforme Silva et al. (2003), o gotejamento possui várias vantagens face do elevado valor de custo, principalmente na hora da instalação do projeto, e posteriormente com algumas manutenções que venham ser necessárias, desta forma, a aplicação deste sistema é restrito a culturas que tem um retorno financeiro considerável, ou seja, culturas nobres. Visto isso, a cafeicultura proporciona a possibilidade do uso deste sistema de irrigação, agregando valor à produção, mas com retorno na qualidade e produtividade do café.

Embora o custo seja aparentemente alto, a longo prazo isso se paga com a economia dos recursos (água e energia), e também há uma economia quando se trata de mão de obra (MARTINS et al., 2003). O projeto pode ser instalado superficialmente ou na subsuperfície (enterrado), e de ambas as formas apresentam bons resultados na lavoura, quando comparados estatisticamente a áreas não irrigadas conforme visto por Vicente et al. (2003).

3.5. Água Eletromagnetizada

O emprego do campo magnético na água é um processo seguro e acessível, capaz de melhorar a qualidade da água. As vantagens obtidas através do uso da água magnetizada na irrigação são várias, incluindo o melhor índice de germinação, aumento da raiz, maior rendimento de semente, aumento na condutividade elétrica do solo, mobilidade de nutrientes dos fertilizantes, maior capacidade de retenção de água do solo, redução do pH do solo e viscosidade da água, influencia na tensão superficial, na taxa de vaporização e no pH da água (PRADELA et al., 2018).

A água quando submetida a um campo magnético apresenta o fenômeno de troca iônica, as micelas coloidais do solo formam um novo arranjo de cargas espaciais, o que também ocorre nas cargas espaciais das argilas (LOPES et al., 2007).

Devido ao fato de a água ser formada de moléculas polares, que são responsivas a um campo magnético via dipolo elétrico, com isso em torno de cada íon tem se gravitando um faixa ou "cluster" de água com a densidade divergente da água não magnetizada. Para os solos em geral, quanto maior a quantidade de carga presente e menor for o diâmetro do íon, superior será a quantidade de hidratação (LOPES et al., 2007).

Diferenciada da irrigação convencional, a irrigação que utiliza água magnetizada possui princípios de conhecimento incorporado à tecnologia, que alteram as propriedades biológicas, químicas e físicas. De forma sucinta o processo de magnetização da água ocorre com a indução de transferência de prótons na ponte de hidrogênio, sendo que não é aumentado e nem são destruídas as pontes de hidrogênio (LOPES et al., 2007).

Segundo Fernandes et al. (2017) a lavoura de café quando submetidas a tratamento com água eletromagnetizada apresenta um incremento de produtividade de 16 sacas em média de 3 anos.

4.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Vitória II, localizado no município de Monte Carmelo, latitude 18°71'19''S e longitude 47°58'96''O, com altitude de 880 metros, o solo onde o experimento foi conduzido e considerado um LATOSSOLO VERMELHO, no período de duas safras do ano de 2017 à 2019.

O clima é classificado como Aw segundo classificação climática de Koppen-Geiger, onde no inverno se encontra temperaturas amenas e baixa precipitação, e no verão altas temperaturas e alta precipitação (KLEIN, 2000).

O plantio da lavoura foi realizado no ano de 2010, e a cultivar escolhida foi a Topázio MG1190 com espaçamento 3,80 x 0,60 metros, com uma população de 4.386 plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com 4 blocos, onde foram avaliados 2 tipos de água (água e água eletromagnetizada), com 4 diferentes lâminas de irrigação testadas, sendo 125%, 100%, 75%, 50%, todas baseadas na reposição necessária do consumo hídrico diário, totalizando 32 parcelas, onde cada parcela foi composta de 18 plantas, como mostra a Figura 1. O valor da reposição necessária é calculado a partir da planilha (Figura2) onde estão inseridos os dados da estação meteorológica, em que a cada vez que indica 50% da capacidade de campo a planilha sugere a quantidade e o tempo a irrigar para a lâmina de 100%, para as demais lâminas são proporcionais a esse valores.

Figura 1. Delineamento experimental.

BORDADURA	125	75	50	100	M	BORDADURA
	125	100	75	50	NM	
	50	125	100	75	NM	
	100	50	125	75	M	
	75	125	50	100	M	
	100	50	75	125	NM	
	125	75	100	50	M	
	50	100	125	75	NM	

M: Magnetizada; NM: não magnetizada.

O sistema de irrigação utilizado na área onde foi realizado o experimento é por gotejamento. Para a lâmina de 100% utilizou-se gotejadores autocompensantes com vazão de $2,2 \text{ L h}^{-1}$ espaçados a cada 0,6 m, já para as lâmina de 50%, 75%, 125% foram utilizados emissores Naan Tif autocompensante com a vazão $2,0 \text{ L h}^{-1}$, o espaçamento utilizado variou de acordo com a necessidade de suprir cada lâmina como mostra a Tabela 1.

Tabela1 - Espaçamentos, vazões e lâminas líquidas para as diferentes lâminas de água.

Lâmina de irrigação (%)	Espaçamento entre gotejadores (m)	Vazão do gotejador (L h^{-1})	Intensidade de aplicação (mm h^{-1})
125	0,44*	2,0*	1,21
100	0,60	2,2	0,96
75	0,70*	2,0*	0,72
50	1,10*	2,0*	0,48

* As vazões e os espaçamentos foram divididos em dois para haver sobreposição do bulbo formando a faixa úmida.

O experimento foi dividido em dois setores de tratamento de água, o setor seis que é responsável pela água eletromagnetizada e o setor sete que é responsável pela água normal, sendo que cada vez que uma válvula de determinado setor é acionada a outra automaticamente é desativada. O eletromagnetizador foi instalado no cabeçal de controle, onde foram divididas em duas saídas de águas, a água eletromagnetizada sobe pela tubulação passando por três eletromagnetizadores e enviada para o setor seis de irrigação, já a água normal passa direto pelo cabeçal de controle sendo enviado diretamente para o setor sete irrigado.

Na propriedade a recomendação de irrigação para a lâmina de 100% é feita baseado no manejo climático, que utiliza a ferramenta de balanço hídrico climatológico de acordo com Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Os dados para recomendação de irrigação: umidade relativa do ar média (%), velocidade média do vento (m s^{-1}), radiação solar (W m^{-2}), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação pluviométrica (mm), foram coletados em uma estação meteorológica localizada na própria fazenda, após os dados serem coletados foram lançados em uma planilha do Excel (Figura 3), onde era estimada a evapotranspiração de referência (ET_0) em mm, com auxílio da fórmula de Penman-Monteith, conforme a equação (1).

$$ET_0 = \frac{0,408 (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (E_s - E_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

Onde:

ET_0 - evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

R_n - saldo de radiação à superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$);

G - densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$);

T - temperatura do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$);

u_2 - velocidade de vento a 2 m de altura (m s^{-1});

E_s - pressão de vapor de saturação (kPa);

E_a - pressão parcial de vapor (kPa);

Δ - declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$);

γ - coeficiente psicrométrico ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Figura 3. Planilha de manejo Climático

UFU

Universidade Federal de Uberlândia

Complexo Mineiro - Uberlândia

CinCi

Centro de Inovação em Computação

Uberlândia - Minas Gerais

MONGUILOD

empresa agrícola

ANTERIOR

INÍCIO

PRÓXIMA

Local: VITORIA 2 SETOR 5

Mês/Ano: 2018

Propriet.: Luiz Monguilod

% AD 10

Munic.: Monte Carmelo

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

Data	DJ	UR média (%)	Temp. Média (°C)	Vel. Vento (m/s)	Qg (W/m²)	ET ₀ (mm/dia)	ET ₀ calculada (mm)	Ks	ETc	ETr	DEF	Irrigação Manual (horas) *Se houver	Irrigação Manual (mm)	Chuva (mm)	Recomendação Irrigação (h)	Recomendação de Reposição (mm)	ARM inicial (mm)	ARM final (mm)	AD atual (%)
1/1/2018	1	67.1	24.0	1.1	209.3	5.47	5.47	1.00	2.79	2.79				2.0			72.58	71.79	95.40
1/2/2018	2	70.0	24.2	1.5	315.4	4.40	4.40	1.00	2.25	2.25							71.79	69.54	92.41
1/3/2018	3	69.8	23.4	1.1	247.4	3.00	3.00	1.00	1.53	1.53				4.0			69.54	72.01	95.69
1/4/2018	4	87.2	22.9	1.9	140.3	1.20	1.20	1.00	0.61	0.61				19.0			72.01	75.25	100.00
1/5/2018	5	90.7	21.7	2.6	120.2	0.70	0.70	1.00	0.36	0.36				10.0			75.25	75.25	100.00
1/6/2018	6	91.2	21.3	4.2	96.9	0.50	0.50	1.00	0.26	0.26				18.0			75.25	75.25	100.00
1/7/2018	7	80.5	23.6	2.0	299.0	4.00	4.00	1.00	2.04	2.04				4.0			75.25	75.25	100.00
1/8/2018	8	63.9	23.0	1.0	207.4	2.12	2.12	1.00	1.08	1.08							75.25	74.17	98.56
1/9/2018	9	72.1	23.5	1.0	289.1	3.69	3.69	1.00	1.88	1.88		2.0	1.9				74.17	74.21	98.61
1/10/2018	10	68.3	24.1	1.1	246.8	3.03	3.03	1.00	1.55	1.55							74.21	72.66	96.56
1/11/2018	11	66.6	23.8	1.3	278.8	3.65	3.65	1.00	1.86	1.86							72.66	70.79	94.08
1/12/2018	12	62.4	23.7	1.0	221.5	2.43	2.43	1.00	1.24	1.24							70.79	69.55	92.43
1/13/2018	13	67.2	23.0	1.0	276.5	3.36	3.36	1.00	1.72	1.72							69.55	67.84	90.15
1/14/2018	14	69.5	22.2	0.9	133.3	0.72	0.72	1.00	0.37	0.37				15.0			67.84	75.25	100.00
1/15/2018	15	68.3	23.6	1.1	317.4	4.20	4.20	1.00	2.15	2.15		1.0	1.0				75.25	74.07	98.43
1/16/2018	16	68.9	23.5	1.6	229.8	2.90	2.90	1.00	1.48	1.48				14.0			74.07	75.25	100.00
1/17/2018	17	57.9	25.8	1.0	342.1	4.90	4.90	1.00	2.50	2.50							75.25	72.75	96.67
1/18/2018	18	55.9	25.1	1.2	350.5	5.05	5.05	1.00	2.58	2.58							72.75	70.17	93.25
1/19/2018	19	58.8	24.9	1.3	329.8	4.69	4.69	1.00	2.40	2.40		2.0	1.9				70.17	69.70	92.62
1/20/2018	20	56.5	25.2	1.0	340.0	4.77	4.77	1.00	2.44	2.44							69.70	67.26	89.38
1/21/2018	21	54.7	25.5	1.2	307.1	4.29	4.29	1.00	2.19	2.19							67.26	65.07	86.47
1/22/2018	22	52.5	25.7	0.8	319.7	4.26	4.26	1.00	2.18	2.18							65.07	62.89	83.58
1/23/2018	23	60.1	25.3	0.9	290.8	3.84	3.84	1.00	1.96	1.96		3.0	2.9				62.89	63.82	84.81
1/24/2018	24	55.6	25.0	1.4	292.2	3.54	3.54	1.00	1.30	1.30				10.0			63.82	73.53	96.37

Já para o cálculo do consumo de água da cultura ou evapotranspiração real da cultura (ET_r), foi utilizada a equação (2).

$$ETr = ET_0 \cdot Kc \cdot Ks \cdot KI \quad (2)$$

Onde:

ETr - evapotranspiração real (mm);

ET₀ - evapotranspiração de referência (mm);

Kc - Coeficiente de cultura;

Ks - Coeficiente de umidade do solo;

KI - Coeficiente de redução para irrigação localizada.

Após os dados serem lançados na planilha, a mesma indica se a irrigação é necessária e o tempo de irrigação.

Para a avaliação da produtividade na Safra 2018/2019, foi realizada a colheita de 6 plantas por parcela, medindo-se o volume (L planta⁻¹) e peso (kg planta⁻¹) do café colhido nas plantas. Logo em seguida o café foi beneficiado, obtendo assim a produtividade em sacas beneficiadas por hectare.

O volume de café no chão foi obtido no dia da colheita onde foi medido um metro linear dos lados das plantas e recolhido o café na saia do cafeeiro. Logo em seguida o café foi beneficiado obtendo-se assim a produtividade em sacas beneficiadas por hectare.

A diferenciação dos frutos foi realizada em relação a maturidade, sendo separados em verde, verde-cana, cereja, passa e seco.

A maturação dos grãos foi realizada com uma amostra de um litro por parcela. Logo em seguida foi feita a separação dos grãos em relação ao seu tamanho sendo eles: graúdo, médio e miúdo, e em relação a seu formato sendo classificados em: moca e chato, baseados na Normativa nº8.

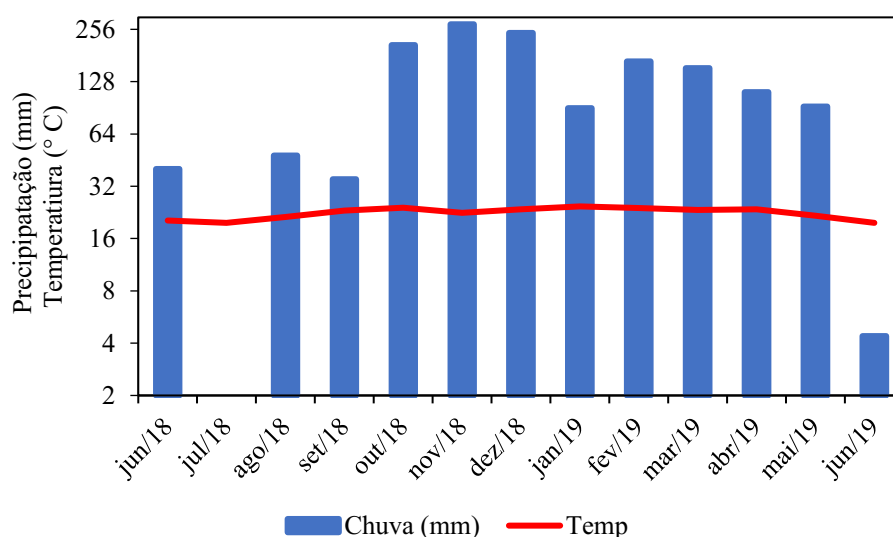
Foi realizado a avaliação da uniformidade do sistema de irrigação, por meio da coleta do volume médio precipitado por um gotejador, durante 5 minutos, em duas repetições para cada parcela experimental.

O sistema de irrigação que recebeu água eletromagnetizada obteve uma uniformidade média de 96,5%, o sistema que recebeu água normal apresentou uma uniformidade de 92,8%, dados referentes à última avaliação no dia 01 de Março de 2018.

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diversos fatores afetam a produção de uma cultura, sendo que a temperatura é o elemento climático que mais influência no avanço da produção e no tempo do ciclo reprodutivo dessa cultura (PEZZOPANE et al., 2005). A cultura do cafeeiro se adapta melhor em regiões onde a temperatura varia entre 18 e 23°C (EMBRAPA, 2016), durante o experimento a temperatura obteve uma média de 22,4°C, sendo assim não foi um agravante para a cultura (Figura 4).

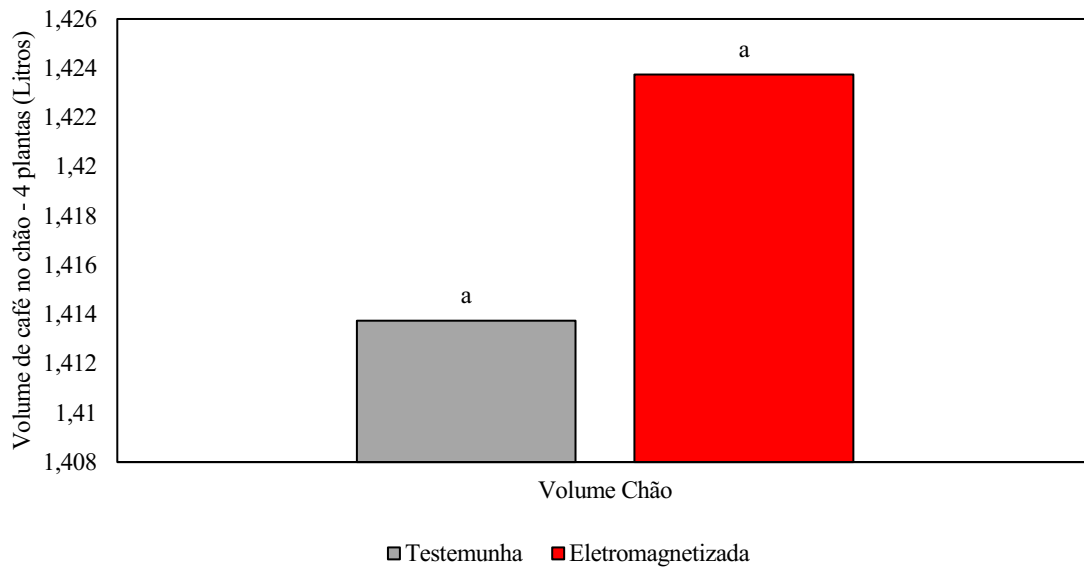
Figura 4. Valores de precipitação e temperatura durante o período experimental de junho de 2018 a julho de 2019 realizado em Monte Carmelo (MG).



Durante o período experimental a precipitação total foi de 1469 mm, sendo que os meses de Nov/2018 (273 mm) e Dez/2018 (243 mm) apresentaram maiores volumes de chuva (Figura5), sendo que não houve déficit hídrico, devido ao sistema da planilha de manejo climático, em que toda vez que a capacidade de campo chega a 50% sugere-se a irrigação. Segundo Klein (2000), o Cerrado brasileiro é um bioma que apresenta como característica um clima tropical sazonal com o verão úmido de alto índice pluviométrico.

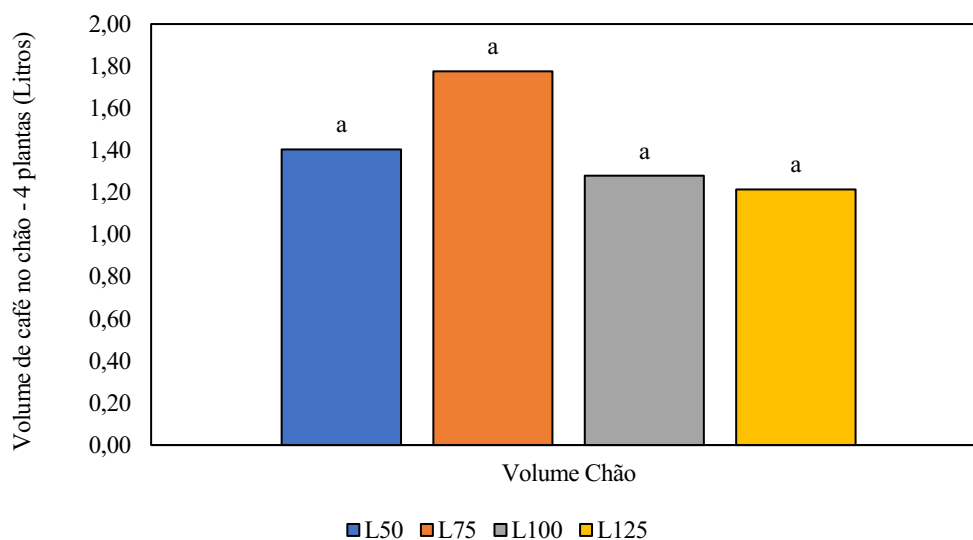
Estima-se que em média, 25% da produção de café estejam no solo, sendo esses frutos caídos tanto pela colhedora ou de forma natural, o que implica a necessidade de colheita de varrição (TAVARES, 2016). A avaliação do volume de café no chão no período do experimento conclui-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos com água normal (1,414 L) e água magnetizada (1,424 L), como está representado na figura 5.

Figura 5. Valores do volume de café no chão durante o período experimental em Monte Carmelo (MG).



Analisando separadamente cada lâmina de irrigação, conclui-se que não houve diferença significativa entre as lâminas avaliadas no experimento (L50, L75, L100, L125), para o volume de café no chão, como mostra a Figura 6.

Figura 6. Valores do volume de café no chão quando submetidas a diferentes lâminas de irrigação durante o período experimental em Monte Carmelo (MG).



Segundo Fernandes et al. (2017) a maturação dos frutos cereja quando submetidos a tratamento com água magnetizada tendem a aumentar. Em contra partida no experimento realizado não houve diferença significativa para a maturação dos frutos do cafeeiro, quando submetidos a tratamento com água normal e água magnetizada (Figura 7). Analisando cada lâmina de irrigação separadamente conclui-se que não houve diferença significativa para a maturação de frutos no período experimental (Figura 8).

Figura 7. Maturação de frutos de café submetidos a tratamentos com água normal e água magnetizada em Monte Carmelo (MG).

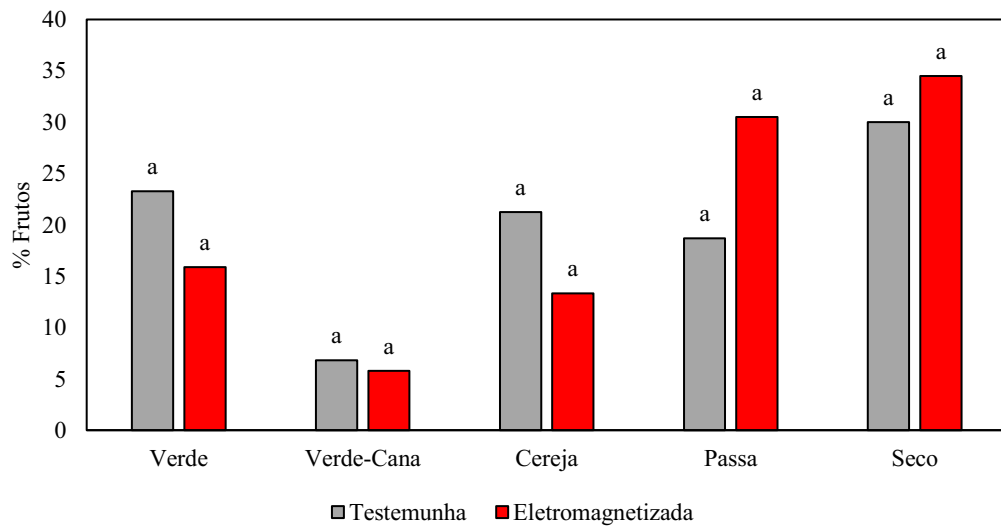
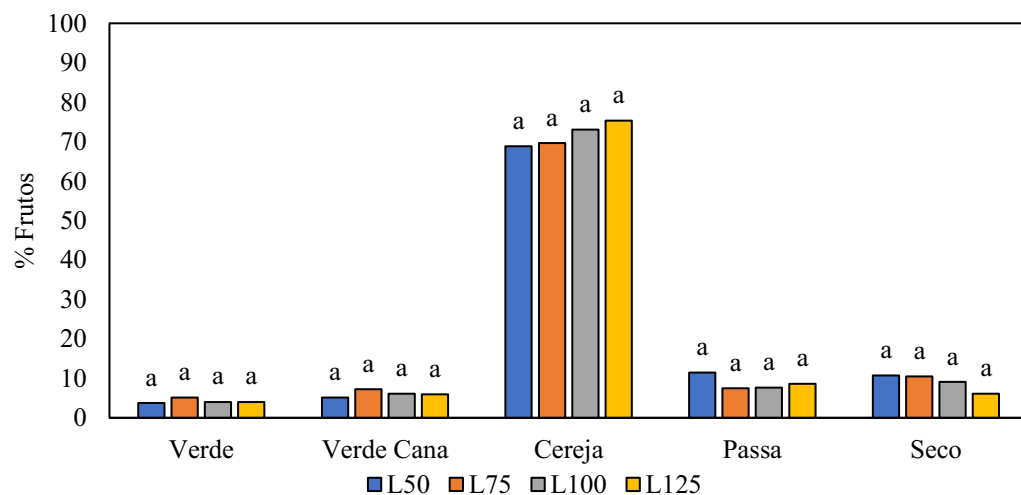


Figura 8. Maturação de frutos de café submetidos a diferentes lâminas de irrigação com água normal e água magnetizada.



O café *C. arabica* L. apresenta um fenômeno chamado bienalidade, o que é responsável pela alternância de pequenas e grandes produções, sendo uma característica fenológica da planta (CONAB, 2019).

A produtividade na safra 2017/2018 do cafeeiro submetidos a tratamento com água magnetizada (90,5) foi significativamente superior quando comparada a produtividade do café com tratamento com água normal (81,0), com probabilidade de 95%, apresentando grandes produtividade devido a bienalidade alta, como mostra na figura 9.

Em relação à safra 2018/2019, em que apresentou bienalidade baixa, não houve diferença significativa entre os tratamentos com água magnetizada (24,0) e com água normal (25,5), como observa-se na Figura 10.

Figura 9. Valores de produtividade em sacas beneficiada por hectare de café quando submetidos a tratamento com água normal e água eletromagnetizada na safra 2017/2018.

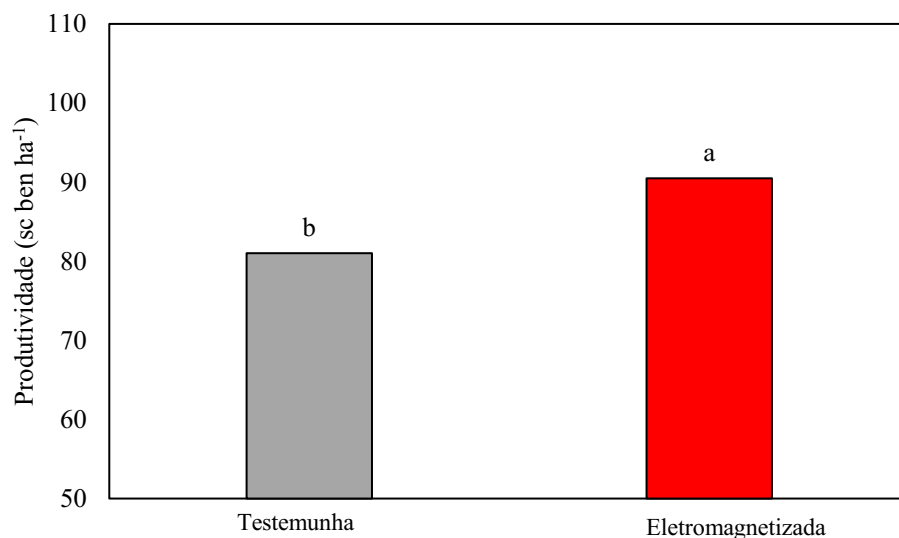
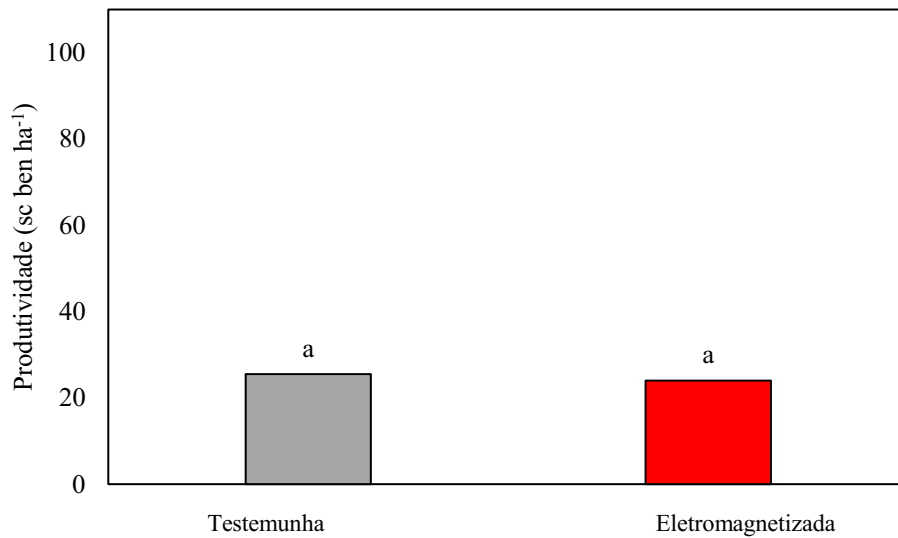


Figura 10. Valores de produtividade em sacas beneficiada por hectare de café quando submetidos a tratamento com água normal e água eletromagnetizada na safra 2018/2019.



Segundo Fernandes et al. (2017) a produtividade do cafeeiro obteve um acréscimo de 14 sacas em uma média de cinco anos quando tratadas com água magnetizada.

Analisando a média das lâminas de irrigação com água normal e água magnetizada, observa-se que houve diferença significativa entre as lâminas testadas ao nível de 95%, sendo que a média da L125 obteve maiores valores (96,5), em seguida a L100 com 86,1, para a safra 2017/2018 (Figura 11). Já para a safra 2018/2019, não obteve diferença significativa entre as lâminas testadas como mostra a figura 12.

Figura 11. Valores das medias de produtividade em sacas beneficiada por hectare de café quando submetidos a diferentes lâminas de irrigação na safra 2017/2018.

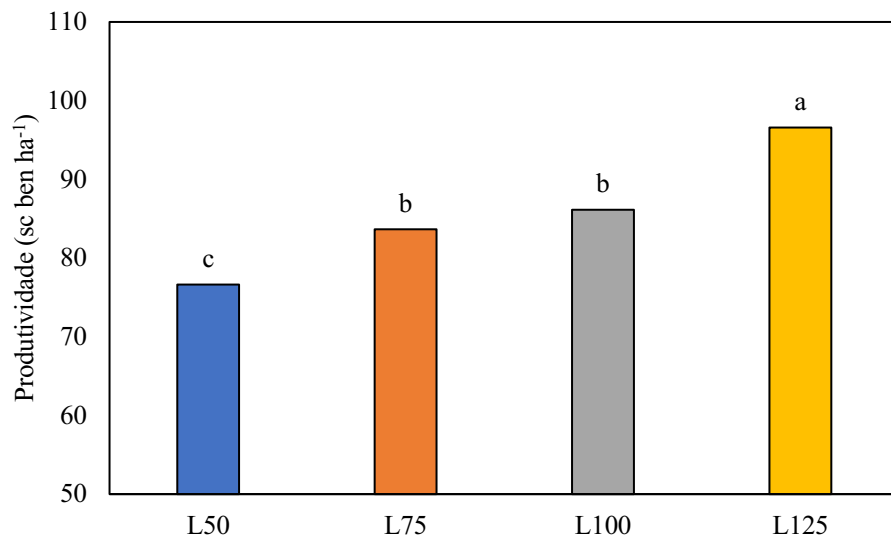
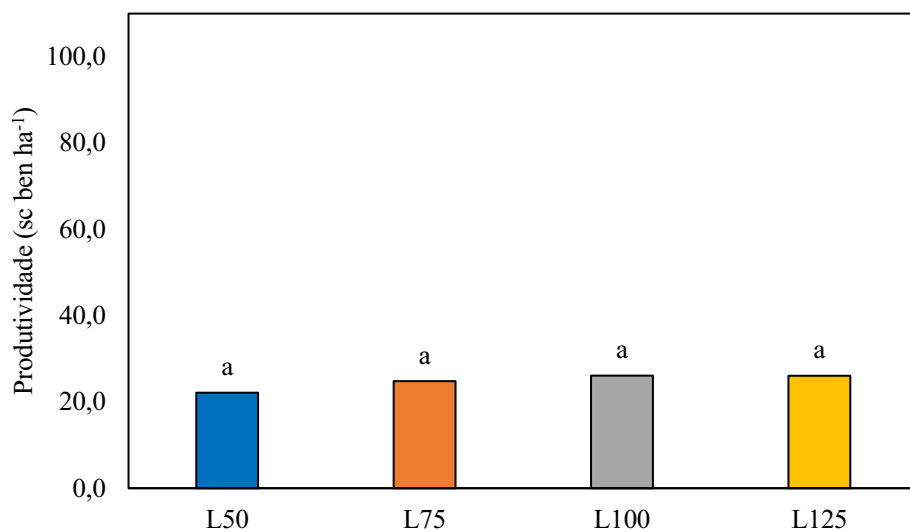


Figura 12. Valores das medias de produtividade em sacas beneficiada por hectare de café quando submetidos a diferentes lâminas de irrigação na safra 2018/2019.



Analisando as lâminas de água magnetizada separadamente observa-se que foram superiores as lâminas com água normal para a safra 2017/2018 (Figura 13), na safra 2018/2019, não houve diferença significativa entre os tratamentos analisados (Figura 14).

Fernandes et al (2017), submeteu o cafeeiro a três diferentes tratamentos, 100% de água normal, 50% de água magnetizada e 100% de água magnetizada, foi observado um aumento significativo na produtividade com o passar das safras nas lâminas de 50% e 100% magnetizadas.

Figura 13. Valores de produtividade em sacas beneficiada por hectare de café quando submetidos a diferentes lâminas de irrigação na safra 2017/2018.

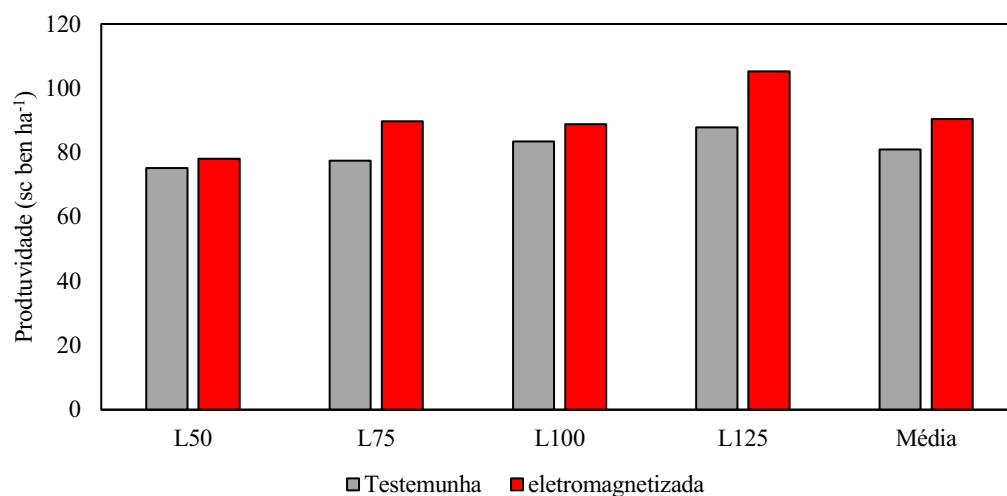
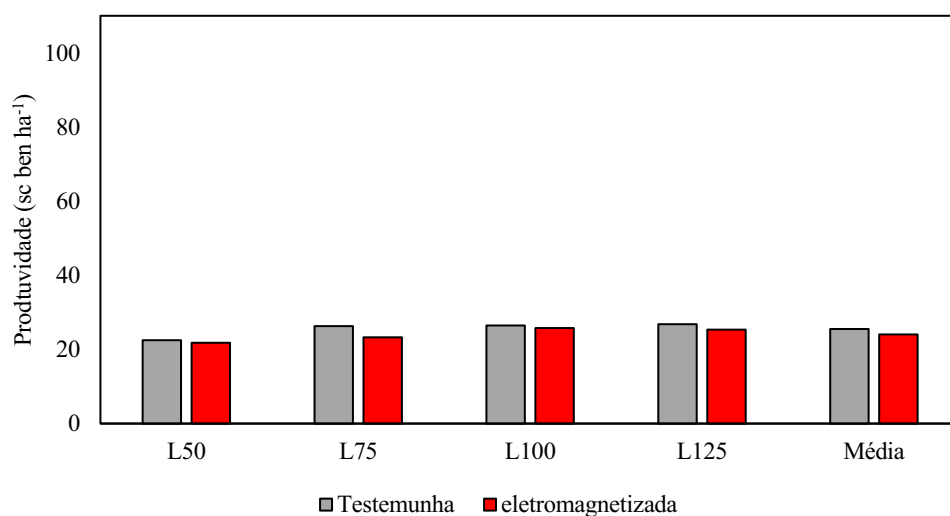
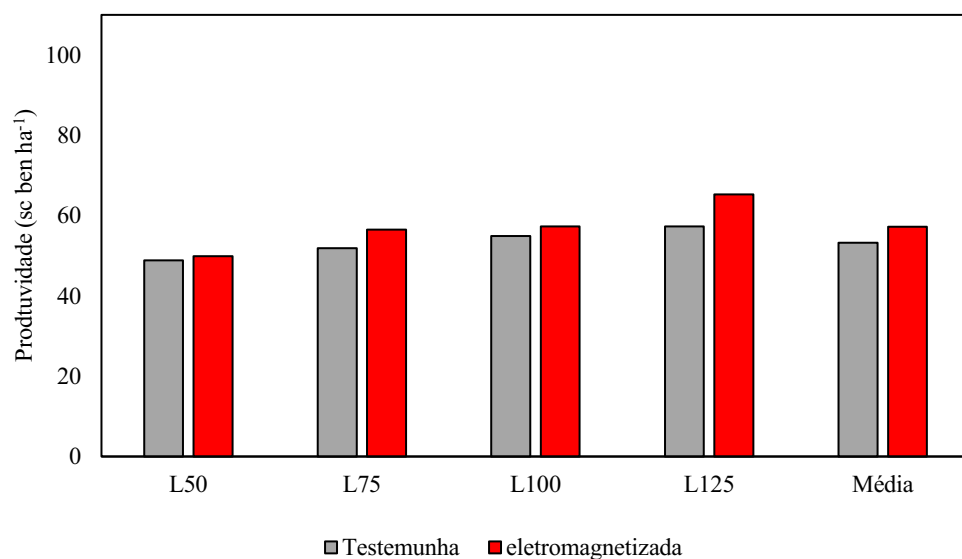


Figura 14. Valores de produtividade em sacas beneficiada por hectare de café quando submetidos a diferentes lâminas de irrigação na safra 2018/2019.



As médias de produtividade das duas safras em relação a produtividade (sc ben ha⁻¹), mostra que houve um incremento no cafeeiro quando submetidos a tratamento com água eletromagnetizada, conforme a Figura 15.

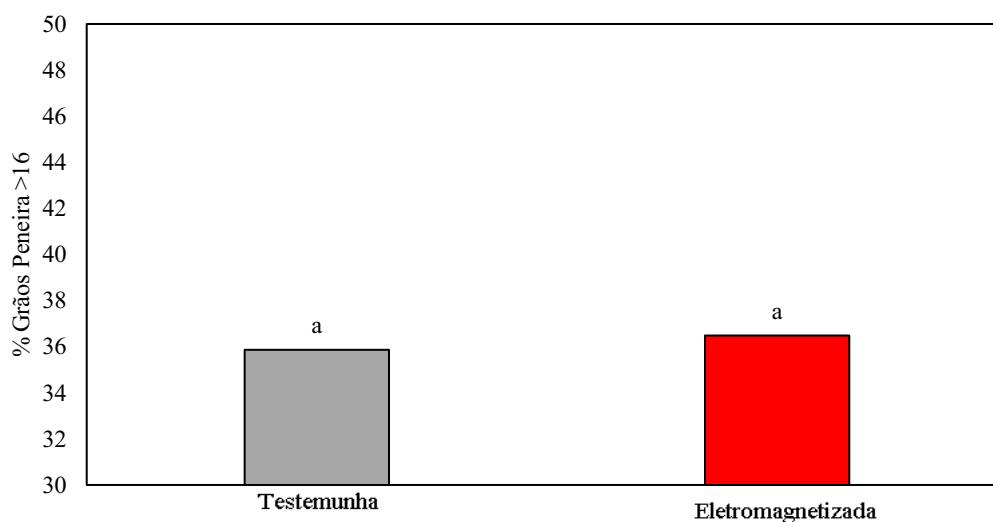
Figura 15. Média de produtividade em sacas beneficiada por hectare de café quando submetidos a diferentes lâminas de irrigação das safras 2017/2018 e 2018/2019.



A classificação dos grãos de café por tamanhos através das peneiras é de suma importância para assegurar uma boa uniformidade na torra, fazendo que os grãos maiores não fiquem tostados e os grãos menores não fiquem carbonizados (ROTONDANO, 2004).

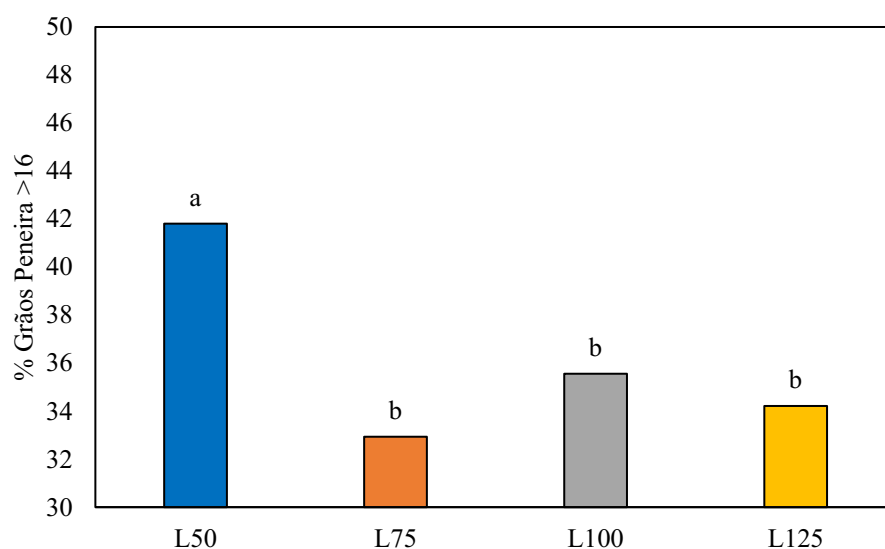
Observa-se na Figura 16 que, para a classificação por peneira 16 acima, os tratamentos com água magnetizada e água normal não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 16. Classificação por peneiras 16 acima submetidas a diferentes tratamentos de irrigação em Monte Carmelo (MG)



As estratégias de manejo da irrigação com diferentes lâminas testadas apresentaram diferença significativa no tamanho dos grãos, onde a lâmina L50 apresentou maiores valores (41,8) do que as restantes como observa-se na Figura 17.

Figura 17. Classificação por peneiras 16 acima submetidas a diferentes lâminas de irrigação em Monte Carmelo (MG).



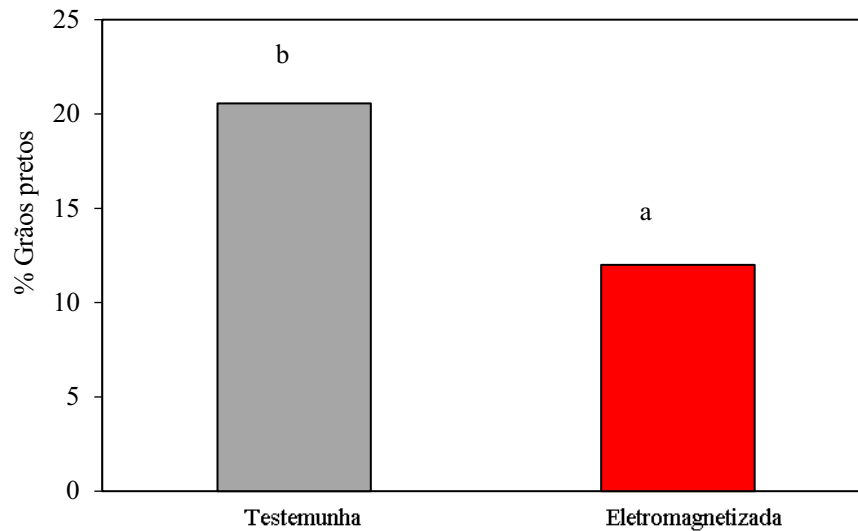
Segundo Fernandes et al (2017), os tratamentos com lâminas de 50% com água magnetizada apresentaram melhores resultados para peneiras 16 acima.

O uso da água magnetizada em alface gerou um acréscimo no número de folhas e um maior desenvolvimento do sistema radicular (PUTTI et al, 2013). Para trabalhos com a cultura do feijoeiro o tratamento promoveu um aumento na produtividade e da qualidade do grão (MOUSSA, 2011). Segundo Lopes et al. (2007), o uso de água com tratamentos magnéticos proporcionou incrementos na cultura da Mamona e do Pinhão manso. Para Putti et al. (2014) a cultura da cenoura responde positivamente ao tratamento, ajudando no desenvolvimento da planta.

Para Caldas et al. (2018), o manejo de irrigação pode influenciar diretamente nos defeitos dos grãos de café, sendo que o autor observou maior quantidade de grãos ardidos durante o processo de secagem em grão com alto teor de umidade.

O cafeeiro quando submetido à água eletromagnetizada analisando a variável grãos pretos, apresentou uma correlação positiva (12,56), quando comparado com o tratamento com água normal (20,56), como mostra a Figura 18.

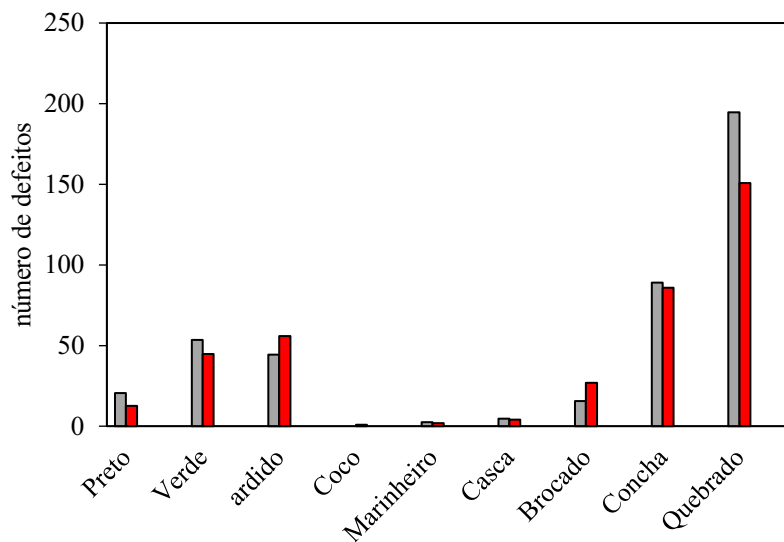
Figura18. Média de grãos pretos no cafeeiro durante o período experimental.



Para a variável de defeito grãos coco observou que houve diferença significativa para os tratamentos com água normal (0) e água eletromagnetizada (0,875).

Para as demais variáveis de defeito não houve diferença significativa entre os tratamentos testados, conforme a Figura 19.

Figura 19. Média de defeitos presentes nos grãos beneficiados.



6.CONCLUSÃO

Considerando os resultados somente em duas safras 2017/2018 e 2018/2019, conclui-se que:

- Não houve diferença significativa a variante volume de café no chão entre os tratamentos analisados no experimento.
- O uso do tratamento eletromagnético proporcionou ganhos significativos positivos de produtividade acumulada na cultura do cafeeiro, levando em consideração a média dos resultados das duas safras avaliadas.
- A diferença entre os patamares de produtividade das duas safras avaliadas reflete a bienalidade da cultura do cafeeiro, sendo os resultados da safra 2018/2019 fortemente impactados pela alta produção com o tratamento eletromagnético na safra 2017/2018.
- O tratamento eletromagnético na irrigação ainda demonstrou ganhos significativos positivos para a cultura tanto nos critérios de classificação por peneira 16 acima, quanto para a avaliação de defeitos por grãos pretos.
- As demais avaliações de volume de café no chão e maturação de grãos necessitam da continuidade dos estudos para determinação estatística consolidada dos parâmetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÂGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica**, 2017. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica/>>. Acesso em: 10 de Julho de 2019.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, p.657, 1995.
- BONOMO, R. et al. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.4, p.233-240, 2008.
- BUSATO, C. et al. Lâminas de irrigação aplicadas ao café conilon na fase inicial de desenvolvimento. **Ceres**, v. 54, n. 314, p.351-357, jul./ago. 2007.
- CALDAS, A. L. D. et al. Produtividade e qualidade de café cv. Travessia em resposta à irrigação e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Cafeicultura Irrigada**. v.12, n.1, p. 2357-2365, 2018.
- CECAFÉ. Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. Relatório Mensal – Dezembro, 2017, p. 1-16, Dez.2017. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_DEZEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 30 de nov. de 2019.
- CONAB (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de café: café** – v.4, n.4 (2017), Brasília, 2017.
- CONAB (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de café: café** – v.5, n.3 (2019), Brasília, 2019.
- CUNHA, F.N. et al. Uniformidade de irrigação por gotejamento sob fertirrigação com fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, nº 7, Fortaleza, p. 3118 - 3128, Nov./Dez. 2018.
- ELIAS, J.A. **Verificação da Ocorrência de Mudanças Físico químicas e Moleculares da Água Quando Submetida a Tratamento Magnético: Uma Análise da Relevância Estatística**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica)- Universidade UNB GAMA, Brasília, 2015.
- FARIAS, C. H. A. et al. Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.419-428, 2009.
- FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.
- FERNANDES, A.L.T. et al. Tratamento magnético da água para irrigação do cafeeiro cultivado no cerrado de Minas. In: INOVAGRI, 4., 2017, Fortaleza. **Anais...** . Fortaleza:

Inovagri, 2017. p.1 - 7. Disponível em: <<http://www.inovagri.org/biblioteca/iv-inovagrimeeting/RES2160367>>. Acesso em: 01 Nov. 2019.

FILHO, A.C.V. et al. New management technology for arabica coffee: the cyclic verdin filho, a. c. et al. pruning program for arabica coffee. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 475 - 483, out./dez. 2016.

GASPARI-PEZZOPANE, C. et al. Variabilidade genética do rendimento intrínseco de grãos em germoplasma de Coffea. **Bragantia**, v.63, n-1, p.39-54, 2004.

GOULART, P.F.P. et al. Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.662-666, mai-jun, 2007.

KLEIN, A. L. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: UNESP, p.158, 2000.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle Irrigation Design. **Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation**, P.133, 1975.

LIMA, L.C. et al. Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado, em função de Lima, L. C. de et al. diferentes fontes de nitrogênio. **Coffee Science**, Lavras, v.11, n.1, p.97-107, jan./mar. 2015.

LOPES, G. N. et al. Irrigação magnética. **Agro@mbiente**, v.1, p.1-8, 2007.

MARTINS, C. C. et al. Manejo da irrigação por gotejamento do cafeeiro (Coffea arabica L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.2, p.61-69, 2007.

MOUSSA, Helal Ragab. The Impact of Magnetic Water Application for Improving Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Production. **New York Science Journal**. New York, p. 15-20, 2011.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Temperatura-Base e graus-dia com correção pela disponibilidade hídrica para o cafeeiro 'Mundo Novo' no período florescimento-colheita. **Congresso brasileiro de agrometeorologia**, n.14, Campinas, SP. Anais... Campinas, 2005

PRADELA, V.A. et al. Produção de mudas de alface em resposta ao uso de água tratada magneticamente. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.12, n.3, p.299-306, 2018.

PUTTI, F.F. et al. Desenvolvimento inicial da alface (Lactuca sativa L.) irrigada com água magnetizada. **Revista Cultivando o Saber**, v.6, n.3, p.83-90, 2013.

PUTTI, F.F. et al. Resposta da cultura da cenoura irrigada com água tratada magnéticamente e normal. In: CONBEA, 2014, Campo Grande. Anais... . Campo Grande: CONBEA, 2004. P. 1-9. Disponível em: <<http://conbea14.sbea.org.br/2014/livro/R0192-2.pdf>>. Acesso em: 01 Nov. 2019.

ROTONDANO, A.K.F. **Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (Coffea arabica L.) sob diferentes lâminas de irrigação**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

SEREIA, V.J.; CAMARA, M.R.G. da; CINTRA, M.V. Competitividade internacional do complexo cafeeiro brasileiro e paranaense. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, p.557-578, 2008.

SILVA, A.L.; FARIA, M.A.; REIS, R.P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p.37-44, 2003.

SOARES, A. R. et al. Irrigação e Fisiologia da Floração em Cafeeiros Adultos na Região da Zona da Mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, v. 27, n.1, p. 117-125, 2005.

SOUZA, M.H.C.; SANTOS, R.D.S.; BASSOI, L.H. Avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento. **IV INOVAGRI Reunião internacional**, 2017.

TAVARES, T.O. **Recolhimento mecanizado do café em função do manejo do solo e da declividade do terreno**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- UNESP, 2016.

VICENTE, M. R. et al. Efeito de diferentes lâminas de irrigação nas variáveis de desenvolvimento e produção do cafeeiro irrigado por pivô central. **Irriga**, v. 20, p.528-543, 2015

VICENTE, M. R. et al. Efeito da irrigação e do posicionamento dos gotejadores (superficial e subsuperficial) na produtividade de cafeeiros na região do cerrado. In: **SIMPÓSIO DE PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 3, 2003. Porto Seguro**. Anais. EMBRAPA CAFÉ, Brasília, p. 124-125, 2003.