

Estimativa do consumo e custo operacional de motor elétrico e a diesel para o manejo da irrigação suplementar de lavoura cafeeira na região Amazônica

Estimate of consumption and operating cost of electric and diesel motors for managing supplementary irrigation of coffee crops in the Amazon region

Estimación del consumo y costo de operación de motores eléctricos y diesel para el manejo del riego complementario del cultivo de café en la región Amazónica

DOI: 10.55905/oelv23n3-038

Receipt of originals: 2/10/2025

Acceptance for publication: 2/28/2025

Iricelia Vieira Cardoso

Bacharela em Engenharia Agrônômica
Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: Rio Branco, Acre, Brasil
E-mail: iricelia.cardoso@sou.ufac.br

Janaira Almeida dos Santos

Bacharela em Engenharia Agrônômica
Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: Rio Branco, Acre, Brasil
E-mail: janaira.santos@sou.ufac.br

Celso Luis Bergo

Doutor em Agronomia
Instituição: Embrapa Acre
Endereço: Rio Branco, Acre, Brasil
E-mail: celso.bergo@embrapa.br

Aureny Maria Pereira Lunz

Doutora em Fitotecnia
Instituição: Embrapa Acre
Endereço: Rio Branco, Acre, Brasil
E-mail: aureny.lunz@embrapa.br

Valéria Lopes da Costa

Mestra em Produção Vegetal
Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: Rio Branco, Acre, Brasil
E-mail: valerialopes1313@hotmail.com

Malena Lima

Bacharela em Engenharia Agrônoma
Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: Rio Branco, Acre, Brasil
E-mail: malena.ac20@gmail.com

Jennyfer Tamara de Lima Barbosa

Licenciada em Biologia
Instituição: Instituto Federal do Acre
Endereço: Rio Branco, Acre, Brasil
E-mail: jennyfer.barbosa@sou.ufac.br

Leonardo Paula de Souza

Doutor em Agronomia área de concentração em Irrigação e Drenagem
Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: Rio Branco, Acre, Brasil
E-mail: leonardo.souza@ufac.br

RESUMO

A irrigação é uma importante técnica para o cultivo do café, pois contribui para reposição da demanda hídrica exigida pela cultura, em períodos de estiagem. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi estimar o custo e o consumo de energia elétrica e a diesel utilizados no bombeamento de água para irrigação de cafeeiros Robustas Amazônicos. Para a análise de custo de energia elétrica adotou-se a tarifa vigente “B” para baixa tensão e subgrupo “B2 - Rural”. Para o diesel, foi considerado o custo médio do litro nos postos de combustíveis da capital Rio Branco, Acre. Para análise de estimativas de consumo, considerou-se as potências dos motores: 5 CV, 7,5 CV, e 10 CV sob as tensões da água no solo para início da irrigação em 20 KPa, 40 KPa, 60 KPa e 100 KPa, nos meses de maio a outubro dos anos de 2022 e 2023. A utilização de motores elétricos para sistemas de irrigação de cafeeiros apresenta maior economicidade para os produtores em relação ao uso de motores à diesel, para as potências 10, 7,5 e 5 CV.

Palavras-chave: Café, Robustas, Energia, Estiagem.

ABSTRACT

Irrigation is an important technique for coffee cultivation, as it contributes to the water demands required for the crop during dry periods. Therefore, the objective of this study was to estimate the cost and consumption of electricity and diesel used in pumping water for irrigation of Amazonian Robusta coffee plants. For the analysis of electricity costs,

the current tariff “B” for low voltage and subgroup “B2 - Rural” were adopted. For diesel, the average cost per liter at gas stations in the capital Rio Branco-AC was considered. To analyze consumption estimates, the following pump powers were considered: 5 HP, 7.5 HP, and 10 HP under soil water tensions to start irrigation at 20 KPa, 40 KPa, 60 KPa, and 100 KPa, in the months of May to October of 2022 and 2023. The use of electric motors for irrigation systems of coffee plants presents greater cost-effectiveness for producers compared to the use of diesel engines, for powers of 10, 7.5, and 5 HP.

Keywords: Coffee, Robustas, Energy, Drought.

RESUMEN

El riego es una técnica importante para el cultivo del café, ya que contribuye a las demandas de agua que requiere el cultivo durante los períodos secos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estimar el costo y consumo de electricidad y diésel utilizados en el bombeo de agua para riego de cafetos Robusta Amazónicos. Para analizar el costo de la electricidad se adoptó la actual tarifa “B” de baja tensión y el subgrupo “B2 - Rural”. Para el diésel, se consideró el costo promedio por litro en las gasolineras de la capital Rio Branco-AC. Para analizar las estimaciones de consumo se consideraron las potencias de las bombas: 5 CV, 7,5 CV y 10 CV bajo tensiones de agua del suelo para iniciar el riego a 20 KPa, 40 KPa, 60 KPa y 100 KPa, en los meses de mayo a octubre de los años. 2022 y 2023. El uso de motores eléctricos para sistemas de riego en cafetos es más económico para los productores en comparación con el uso de motores diésel, por potencias 10, 7,5 y 5 CV.

Palabras clave: Café, Robustas, Energía, Sequía.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é atualmente uma das principais atividades agrícolas do Brasil, correspondendo a 5,4% do valor da receita bruta das lavouras em 2023, com área total cultivada de aproximadamente 5 milhões de hectares (IBGE, 2024). A produção nacional é de 5,4 milhões de sacas totalizando 31,4% da safra mundial, a qual abrange tanto o cultivo de *Coffea arabica* quanto *Coffea canephora* (IBGE, 2023). A região Norte é responsável pelo segundo maior faturamento com a espécie *C. canephora*, R\$ 2,53 bilhões (22%). O estado do Acre, detém o segundo lugar no ranking de produção de *C. canephora* da região norte, com uma área cultivada de 11.006 ha (IBGE, 2023).

A produção de café na região amazônica é predominantemente da espécie *Coffea canephora* (IBGE, 2023), que sendo originária de regiões quentes e úmidas e baixas altitudes do continente africano, encontrou na região amazônica as condições edafoclimáticas propícias para um pleno desenvolvimento. Todavia, mesmo que o bioma Amazônia seja reconhecido por chuvas abundantes, a mesma é desuniforme ao longo do ano, especialmente entre os meses de maio a setembro. Conforme Amaral, *et al.* (2018), o déficit hídrico no solo nesse período, principalmente em agosto/setembro, é maior que 200 mm, tornando-se a principal restrição ao cultivo do café Canéfora. Tal fato, faz com que a irrigação se torne uma prática importante para o alcance do máximo rendimento agrônomo de cafeeiros nessa região.

A ocorrência de estresse hídrico pode prejudicar o cafeeiro em várias fases, mas principalmente em dois estádios de reprodução: na floração e na granação dos frutos (Ronchi; Damatta, 2007). Adicionalmente, afeta o seu crescimento vegetativo, ocasionando menor potencial produtivo das plantas e menor incremento dos nós produtivos para a próxima safra (Damatta *et al.*, 2007; Pezzopane *et al.*, 2010). Dessa forma, em regiões com déficit hídrico, a irrigação se torna necessária para o cafeeiro, visando garantir que as plantas tenham melhores condições para expressar seu potencial produtivo (Ferreira *et al.*, 2022; Villa *et al.* 2022).

O sistema de bombeamento deve ser desenvolvido levando em consideração critérios econômicos, uma vez que o diâmetro da tubulação, a potência do sistema de bombeamento e as despesas operacionais, são fatores interligados (Batista; Coelho, 2003). Ademais, a distância das redes de distribuição de energia elétrica faz com que o bombeamento seja realizado com baixo rendimento e alto consumo de energia, também podem ser utilizados conjuntos motobomba a diesel, no entanto, são mais onerosos e poluentes (Moreira *et al.*, 2012).

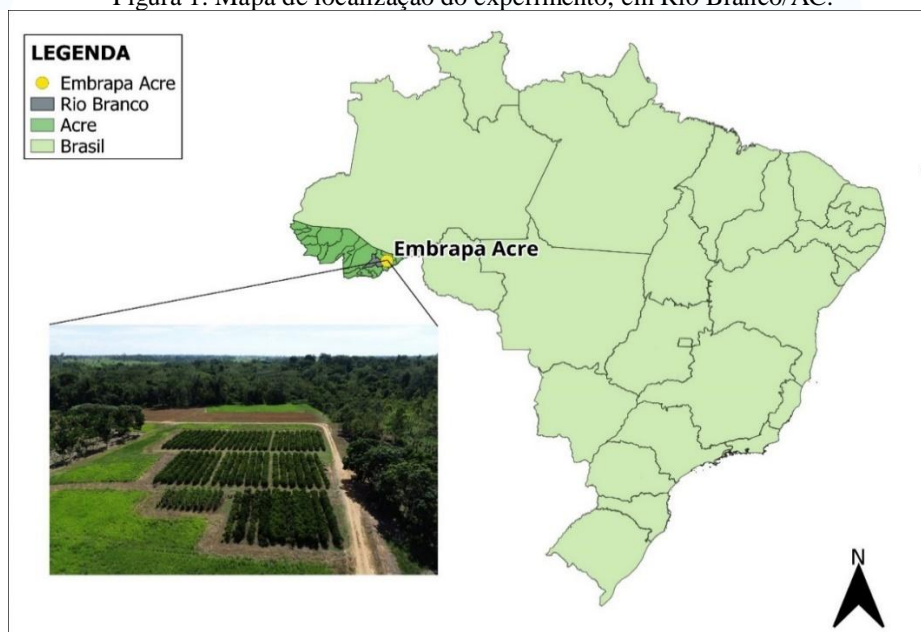
O objetivo desse trabalho foi estimar o consumo e custo operacional de motor elétrico e a diesel para bombeamento de água para irrigação de cafeeiros Robustas Amazônicos, de forma suplementar no município de Rio Branco-AC, durante dois anos de cultivo.

2 METODOLOGIA

Foram utilizados dados do tempo de funcionamento de um sistema de irrigação em um cultivo de cafeeiro Robusta Amazônico (*Coffea canephora*), com dois anos de cultivo, na área experimental da Embrapa Acre, **Figura 1**, referente aos anos de 2022 e 2023, entre os meses de maio a outubro. Ressalta-se, que os meses de julho e agosto são os de menor pluviosidade no município de Rio Branco, conforme mostra a **Figura 2**.

A irrigação foi realizada pelo sistema de gotejamento on-line, emissores autocompensantes com espaçamento de 50 cm e vazão de $7,6 \text{ L h}^{-1}$, o diâmetro nominal da linha principal foi de 75 mm, derivação de 50 mm e linhas laterais de 16 mm.

Figura 1. Mapa de localização do experimento, em Rio Branco/AC.

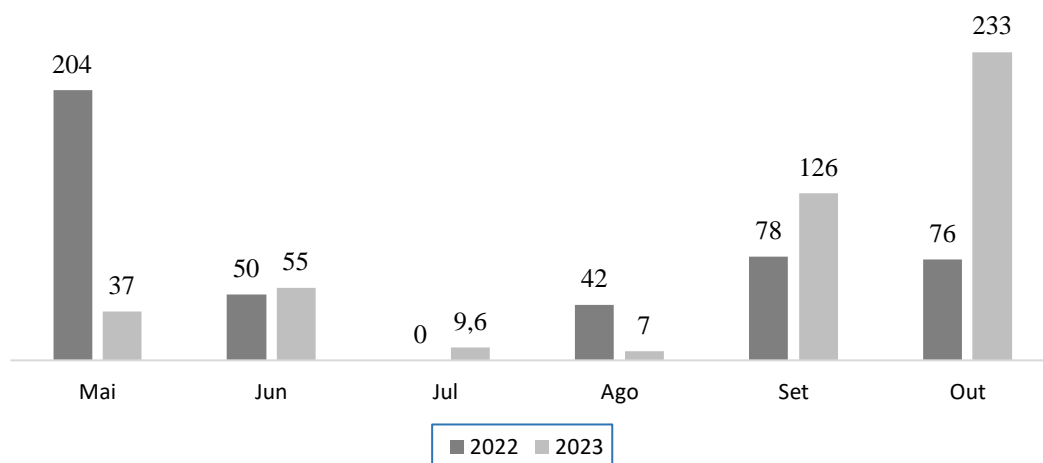


Fonte: Autores

Foram considerados quatro manejos de irrigação, Tabela 1. O sistema de irrigação foi acionado quando a tensão da água no solo atingiu a tensão da água no solo de 20 kPa; 40 kPa; 60 kPa e 100 kPa e desligado quando a tensão da água no solo atingia 10 kPa. Nesse sentido, considerou-se o tempo de funcionamento do conjunto motobomba para reposição da água para cada limite de tensões máximas.

A análise de custo de energia elétrica adotou a tarifa vigente “B” para baixa tensão e subgrupo “B2 - Rural”, os valores tarifários aplicados a cobrança de energia no Acre pela Energisa Acre, resolução Aneel N° 3.300/ 2023 - Vigência: 13/12/2023, que homologa as tarifas de energia elétrica e as tarifas de uso dos sistemas de distribuição (TE+TUSD) (Aneel, 2023).

Figura 2. Quantidade mensal de chuva (mm) na região de Rio Branco, Acre no decorrer dos seis meses com irrigação para os anos de 2022 e 2023.



Fonte: AcreBioClima (2024).

O valor do kWh, vigente a partir de dezembro de 2023 até o presente momento, é de R\$ 0,82816, não foi considerado a incidência do imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços (ICMS), pois o mesmo só incide para as faixas de consumo mensal a partir de 101 KWh. O valor adotado para o litro do óleo diesel foi respectivo ao valor médio praticado nos postos de combustíveis na capital Rio Branco, referente a setembro de 2024, compreendendo R\$ 7,23/L (ANP, 2024).

A análise de custos deste trabalho considerou o tempo de funcionamento e consumo energético de motores movidos a energia elétrica e motores a combustão (diesel). A estimativa do consumo específico de diesel em função da potência do motor foi obtida pela equação 1 e a estimativa de custo do mesmo foi obtida por meio da equação

2. A estimativa do consumo de energia foi obtida pela equação 3 e o custo da mesma foi obtido pela equação 4 (Carvalho, 2008).

Tabela 1. Manejo da irrigação entre os anos de 2022 e 2023 para reposição de água no solo para as tensões de água no solo de 20, 40, 60 e 100 KPa, respectivamente, Rio Branco, Acre.

	20 KPa	40 KPa	60 KPa	100 KPa
Irrigações 2022	91	30	15	1
Irrigações 2023	90	30	21	0
Irrigações 2022 -2023	181	60	36	1
Intervalo em dias 2022	2	6	12,	183
Intervalo em dias 2023	2	6	9	0
Intervalo em dias 2022-2023	2	6	10	366
Tempo μ min. 2022	32	62	73	87
Tempo μ min. 2023	28	62	74	0
Tempo μ min. 2022 - 2023	31	65	73	87

Fonte: Autores

$$C_e = \left(0,03054 + \frac{0,2445}{Pot} \right)^{0,5} \quad (1)$$

em que:

C_e = consumo específico de óleo diesel, $L \text{ cv}^{-1} \text{ h}^{-1}$; Pot = potência do motor na rotação específica de melhor desempenho (CV) (Carvalho, 2008).

$$C_{\text{diesel}} = C_e * T \quad (2)$$

em que:

C_{diesel} = custo final (R\$); C_e = consumo específico de óleo diesel, $L \text{ cv}^{-1} \text{ h}^{-1}$; T = tarifa de diesel (R\$/L) (Carvalho, 2008).

$$CTE = 0,735 * Pot * NHOS \quad (3)$$

em que,

CTE = consumo total de energia elétrica (kWh), 0,735 = fator de conversão para kW constante, Pot = potência do motor (CV) e $NHOS$ = número de horas de funcionamento (h) (Carvalho, 2008).

$$C = CTE * T \quad (4)$$

em que:

C = custo final (R\$); CTE = consumo total de energia elétrica (kWh); T = tarifa de energia elétrica (R\$/KWh) (Carvalho, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a estimativa de custo e consumo para a fonte energética de energia elétrica em quilowatt (kW), a Tabela 3 apresenta a estimativa para a fonte energética a diesel (L) para a manutenção da tensão superficial no solo de 20 KPa, relativos à irrigação cafeeira, nos anos de 2022 e 2023.

Os resultados mostram que para manter a tensão de 20 KPa no solo, tem-se maior demanda energética em comparação com as faixas superiores de tensão. Pois, há necessidade de maior frequência de irrigações, com turnos de rega mais curtos.

Tabela 2. Consumo (cons.) e custo mensal de energia elétrica para as potências de motor de 10, 7,5 e 5 CV, para manutenção de tensão superficial de 20 KPa, referente aos anos de 2022 e 2023 na irrigação de Cafeeiros Robustas Amazônicos em Rio Branco - Acre, Brasil.

Consumo e custo de energia para a manutenção tensão de 20 KPA								
Período	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Total Anual	
Potência (CV)	2022							
Cons. (kW)	10	46	50	72	50	66	75	359
Cons. (kW)	7,5	34	38	54	38	50	56	269
Cons. (kW)	5	23	25	36	25	33	37	180
Custo (R\$)	10	38	42	59	42	55	62	297
Custo (R\$)	7,5	28	31	44	31	41	46	223
Custo (R\$)	5	19	21	30	21	28	31	149
Potência (CV)	2023							
Cons. (kW)	10	43	39	66	65	56	58	328
Cons. (kW)	7,5	32	30	49	49	42	44	246
Cons. (kW)	5	22	20	33	33	28	29	164
Custo (R\$)	10	36	33	54	54	47	48	272
Custo (R\$)	7,5	27	25	41	40	35	36	204
Custo (R\$)	5	18	16	27	27	23	24	136

Fonte: Autores

Como pode-se observar na tabela 2, o maior custo e consumo de energia elétrica para a irrigação do cafeeiro em 2022, foi no mês de outubro, para a potência de motor de 10 CV, o consumo estimado foi de 75 kW e custo de R\$ 62,00. Para a fonte a diesel o consumo foi de 24 L e custo de R\$ 172,00 no mesmo mês. Em 2023, o maior custo e consumo foi observado em julho, com o consumo de energia de 66 kW e custo de R\$ 54,00, para a fonte a diesel o consumo foi de 21 L e custo de R\$ 151,00 para a mesma faixa de potência de motor, tabela 3.

Para Araújo *et.al*, (2011), embora a energia elétrica tenha uma grande acessibilidade no Brasil, seu custo operacional, principalmente em relação à agricultura irrigada é dispendioso mesmo com a extensa malha hidrográfica existente. Além disso, as tarifas são altas e sofrem alterações de acordo com a região e concessionárias.

Tabela 3. Consumo (cons.) e custo mensal de diesel para as potências de motor de 10, 7,5 e 5 CV, para manutenção de tensão superficial de 20 KPa, referente aos anos de 2022 e 2023 na irrigação em Cafeeiros Robustas Amazônicos em Rio Branco - Acre, Brasil.

Consumo e custo de diesel para a manutenção tensão de 20 KPA							
Período	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Total Anual
Potência (CV)	2022						
Cons. (L)	10	15	16	23	16	21	114
Cons. (L)	7,5	12	13	18	13	17	92
Cons. (L)	5	9	10	14	10	13	69
Custo (R\$)	10	106	116	165	116	153	827
Custo (R\$)	7,5	85	93	132	93	123	665
Custo (R\$)	5	64	70	99	70	92	497
Potência (CV)	2023						
Cons. (L)	10	14	13	21	21	18	104
Cons. (L)	7,5	11	10	17	17	14	84
Cons. (L)	5	8	8	13	12	11	63
Custo (R\$)	10	99	91	151	150	130	755
Custo (R\$)	7,5	80	73	122	120	104	607
Custo (R\$)	5	60	55	91	90	78	454

Fonte: Autores

Para a faixa de tensão de 40 KPa, a frequência de irrigação é reduzida em comparação à tensão de 20KPa, pois o intervalo entre os turnos de rega é maior. A redução da frequência influenciou tanto no tempo de funcionamento do motor elétrico como nos valores de custo e consumo Tabela 4. E, embora o tempo de irrigação seja maior,

utilizando a mesma potência de motor (10 CV) terá um consumo e custo menor no mês de julho, mês com maior déficit hídrico observado, tanto no ano de 2022 como em 2023.

Em julho de 2022, para manutenção da tensão superficial de 40 KPa e potência de 10 CV, o consumo de energia elétrica foi de 65 kW e custo de R\$ 54. Para a mesma tensão e potência de motor, utilizando o diesel, foi de 21 L e custo de R\$ 151, Tabela 4 e 5. No ano de 2023, os maiores custos e consumo também foram em julho, com consumo de 75 kW e custo de R\$ 62, para energia elétrica e consumo de 24 L e custo de R\$ 174, para diesel.

Tabela 4. Consumo (cons.) e custo mensal de energia elétrica para as potências de motor de 10, 7,5 e 5 CV, para manutenção de tensão superficial de 40 KPa, referente aos anos de 2022 e 2023 na irrigação de Cafeeiros Robustas Amazônicos em Rio Branco - Acre, Brasil.

Consumo e custo de energia para a manutenção tensão de 40 KPA								
Período	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Total Anual	
Potência (CV)	2022							
Cons. (kW)	10	20	29	65	30	55	28	227
Cons. (kW)	7,5	15	22	49	22	41	21	170
Cons. (kW)	5	10	15	33	15	27	14	113
Custo (R\$)	10	17	24	54	24	45	23	188
Custo (R\$)	7,5	13	18	41	18	34	17	141
Custo (R\$)	5	8	12	27	12	23	12	94
Potência (CV)	2023							
Cons. (kW)	10	14	21	75	56	32	53	251
Cons. (kW)	7,5	11	16	57	42	24	40	188
Cons. (kW)	5	7	10	38	28	16	26	126
Custo (R\$)	10	12	17	62	47	26	44	208
Custo (R\$)	7,5	9	13	47	35	20	33	156
Custo (R\$)	5	6	9	31	23	13	22	104

Fonte: Autores

Para fins de comparação, o incremento percentual, entre os custos com energia elétrica e a diesel, para um mesmo rendimento global do sistema motobomba, reduz com o aumento da altura manométrica total do sistema (Sá Junior; Carvalho, 2016). Freitas *et. al*, (2017), observaram que a energia elétrica proporciona menor custo anual bem como e menor emissão de gases do efeito estufa (CO₂).

A frequência média de irrigação em 2022 e 2023, para a manutenção da tensão de 60 KPa, foi de 10 dias. O consumo e o custo seguiram a mesma tendência das tensões de 20 e 40 KPa, conforme elevação da potência do motor. O intervalo dos turnos de rega e

o tempo de irrigação, para que a tensão superficial retornasse a 10 KPa, também foi maior. Ademais, conforme demonstra os resultados, o custo e o consumo da irrigação foi diretamente proporcional ao aumento da potência do motor; em contrapartida, quanto maior a tensão menor é a necessidade de irrigações frequentes.

Tabela 5. Consumo (cons.) e custo mensal de diesel para as potências de motor de 10, 7,5 e 5 CV, para manutenção de tensão superficial de 40 KPa, referente aos anos de 2022 e 2023 na irrigação em Cafeeiros Robustas Amazônicos em Rio Branco - Acre, Brasil.

Consumo e custo de diesel para a manutenção tensão de 40 KPA							
Período	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Total Anual
Potência (CV)	2022						
Cons. (L)	10	6	9	21	9	17	72
Cons. (L)	7,5	5	7	17	8	14	58
Cons. (L)	5	4	6	13	6	10	43
Custo (R\$)	10	47	67	151	68	126	523
Custo (R\$)	7,5	38	54	121	55	101	420
Custo (R\$)	5	28	40	91	41	76	314
Potência (CV)	2023						
Cons. (L)	10	4	7	24	18	10	80
Cons. (L)	7,5	4	5	19	14	8	64
Cons. (L)	5	3	4	14	11	6	48
Custo (R\$)	10	32	48	174	129	73	579
Custo (R\$)	7,5	26	38	140	104	59	465
Custo (R\$)	5	20	29	104	78	44	348

Fonte: Autores

Tabela 6. Consumo (cons.) e custo mensal de energia elétrica para as potências de motor de 10, 7,5 e 5 CV, para manutenção de tensão superficial de 60 KPa, referente aos anos de 2022 e 2023 na irrigação de Cafeeiros Robustas Amazônicos em Rio Branco - Acre, Brasil.

Consumo e custo de energia para a manutenção tensão de 60 KPA								
	Período	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Total Anual
	Potência (CV)	2022						
Cons. (kW)	10	18	18	35	26	36		134
Cons. (kW)	7,5	14	14	26	20	27		101
Cons. (kW)	5	9	9	18	13	18		67
Custo (R\$)	10	15	15	29	22	30		111
Custo (R\$)	7,5	11	11	22	16	23		83
Custo (R\$)	5	8	8	15	11	15		56
	Potência (CV)	2023						
Cons. (kW)	10	17	9	53	61	11	36	188
Cons. (kW)	7,5	13	7	40	46	8	27	141
Cons. (kW)	5	8	5	27	31	6	18	94
Custo (R\$)	10	14	8	44	51	9	30	156
Custo (R\$)	7,5	11	6	33	38	7	23	117
Custo (R\$)	5	7	4	22	25	5	15	78

Fonte: Autores

Portanto, para a manutenção de tensões superficiais mais baixas, os turnos de rega e o tempo de irrigação são menores e o oposto ocorre para as maiores faixas de tensão. Conforme observado nos resultados, o custo de irrigação de cafeeiro Robusta Amazônico é maior para a irrigação com uso da energia elétrica. Para Tabosa *et al.* (2019), o acesso à eletricidade no meio rural e custos acessíveis ao produtor, contribuem para melhor qualidade de vida e desenvolvimento da zona rural. No entanto, a realidade dos produtores rurais da Região Amazônica, principalmente dos que moram em locais isolados, é de muita dificuldade, tendo em vista que ainda não possuem rede de energia elétrica (Ferreira *et al.*, 2021).

Tabela 7. Consumo (cons.) e custo mensal de diesel para as potências de motor de 10, 7,5 e 5 CV, para manutenção de tensão superficial de 60 KPa, referente aos anos de 2022 e 2023 na irrigação em Cafeeiros Robustas Amazônicos em Rio Branco - Acre, Brasil.

Consumo e custo de diesel para a manutenção tensão de 60 KPA							
Período	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Total Anual
Potência (CV)	2022						
Cons. (L)	10	6	6	11	8	12	43
Cons. (L)	7,5	5	5	9	7	9	34
Cons. (L)	5	3	3	7	5	7	26
Custo (R\$)	10	42	42	81	61	84	309
Custo (R\$)	7,5	34	34	65	49	67	248
Custo (R\$)	5	25	25	49	37	50	186
Potência (CV)	2023						
Cons. (L)	10	5	3	17	20	4	60
Cons. (L)	7,5	4	2	14	16	3	48
Cons. (L)	5	3	2	10	12	2	36
Custo (R\$)	10	39	21	123	141	26	433
Custo (R\$)	7,5	31	17	99	113	21	348
Custo (R\$)	5	23	13	74	85	15	260

Fonte: Autores

Para a tensão de 100 KPa tabela 8 e 9, somente houve a necessidade de irrigar no mês de agosto do ano de 2022, o turno de rega foi de 183 dias, o maior observado. Não foi necessário irrigar em 2023. Observa-se que para manter tensões superficiais mais altas, o intervalo entre os turnos de rega e o tempo de irrigação são maiores, o oposto ocorre para as menores faixas tensão.

Tabela 8. Consumo (cons.) e custo mensal de energia elétrica para as potências de motor de 10, 7,5 e 5 CV, para manutenção de tensão superficial de 100 KPa, referente aos anos de 2022 e 2023 na irrigação de Cafeeiros Robustas Amazônicos em Rio Branco - Acre, Brasil.

Consumo e custo de energia para a manutenção tensão de 100 KPA								
	Período	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Total Anual
Potência (CV)								
					2022			
Cons. (kW)	10	-	-	-	11	-	-	11
Cons. (kW)	7,5	-	-	-	8	-	-	8
Cons. (kW)	5	-	-	-	5	-	-	5
Custo (R\$)	10	-	-	-	11	-	-	11
Custo (R\$)	7,5	-	-	-	9	-	-	9
Custo (R\$)	5	-	-	-	6	-	-	6

Fonte: Autores

Tabela 9. Consumo (cons.) e custo mensal de diesel para as potências de motor de 10, 7,5 e 5 CV, para manutenção de tensão superficial de 100 KPa, referente aos anos de 2022 e 2023 na irrigação em Cafeeiros Robustas Amazônicos em Rio Branco – Acre, Brasil.

Consumo e custo de diesel para a manutenção tensão de 100 KPA								
	Período	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Total Anual
Potência (CV)								
					2022			
Cons. (L)	10	-	-	-	3	-	-	3
Cons. (L)	7,5	-	-	-	3	-	-	3
Cons. (L)	5	-	-	-	2	-	-	2
Custo (R\$)	10	-	-	-	25	-	-	25
Custo (R\$)	7,5	-	-	-	20	-	-	20
Custo (R\$)	5	-	-	-	15	-	-	15

Fonte: Autores

Para Silva (2020), a fonte de energia mais utilizada nos conjuntos motobomba se limitam aos modelos movidos à gasolina ou à diesel. Apesar de os geradores à diesel serem mais barulhentos, eles apresentam maiores dimensões e potências, têm menor necessidade de manutenção, menor custo de aquisição e maior rentabilidade em comparação a geradores à gasolina. Os sistemas de irrigação movidos a diesel são os mais utilizados, representando 58%, um dos motivos é a fácil instalação (Freitas *et. al*, 2017). Adicionalmente, há menor oscilação de tensão em comparação a fonte de energia elétrica, e não precisam de equipamentos acessórios reguladores de tensão ou AVR (Automatic Voltage Regulador), fato este que encarece a implantação do sistema de irrigação elétrico (Silva, 2020).

Tabela 10. Comparativo do consumo total dos motores elétricos e diesel.

Fonte energética		Diesel	KW	Diesel	KW	Diesel	KW	Diesel	KW
Tensão		20 KPa	20 KPa	40 KPa	40 KPa	60 KPa	60 KPa	100 KPa	100 KPa
Potência (CV)		2022							
Consumo (L)	10	114	359	72	227	43	134	3	11
Consumo (L)	7,5	92	269	58	170	34	101	3	8
Consumo (L)	5	69	180	43	113	26	67	2	5
Custo (R\$)	10	827	297	523	188	309	111	25	11
Custo (R\$)	7,5	665	223	420	141	248	83	20	9
Custo (R\$)	5	497	149	314	94	186	56	15	6
Potência (CV)		2023							
Consumo (L)	10	104	328	80	251	60	188	-	-
Consumo (L)	7,5	84	246	64	188	48	141	-	-
Consumo (L)	5	63	164	48	126	36	94	-	-
Custo (R\$)	10	755	272	579	208	433	156	-	-
Custo (R\$)	7,5	607	204	465	156	348	117	-	-
Custo (R\$)	5	454	136	348	104	260	78	-	-

Fonte: Autores

Como mostra a Tabela 10, a fonte energética de energia elétrica representa economia anual de 275%, 304%, 334% para as potências de motor 10; 7,5 e 5 CV, respectivamente, em comparação ao uso do diesel para as mesmas faixas de potência. Heuert *et. al* (2019), estudando o uso de motores elétricos e à diesel em sistemas de irrigação, obtiveram resultados semelhantes aos desse trabalho, concluindo também que motores elétricos apresentaram custo operacional inferior aos motores a diesel, quando submetidos a mesma potência, o que proporciona maior economia para o produtor rural.

Para Tabosa *et al.* (2019), o acesso à eletricidade no meio rural e custos acessíveis ao produtor, contribuem para melhor qualidade de vida e desenvolvimento da zona rural. No entanto, a realidade dos produtores rurais da região Amazônica, principalmente dos que moram em locais isolados, é de muita dificuldade, tendo em vista que ainda não possuem rede de energia elétrica (Ferreira *et al.*, 2021).

Portanto, para a manutenção de tensões superficiais mais baixas no solo, os turnos de rega e o tempo de irrigação são menores, em relação as maiores faixas de tensão. Conforme observado nos resultados, o custo gerencial de irrigação no cultivo de cafeeiro Robusta Amazônico é maior para a irrigação com uso da energia elétrica.

5 CONCLUSÃO

Com base nas análises comparativas realizadas, é possível concluir que os motores elétricos proporcionaram um menor custo gerencial do que os motores a diesel pra atender a aplicação de uma mesma lâmina de irrigação e potência de motor no cultivo de cafeeiro Robusta Amazônico. Desse modo, apresenta-se como opção economicamente mais viável para o produtor.

No entanto, esse tipo de estudo, exige um maior detalhamento sobre o tema, pois é necessário que sejam relacionadas variáveis que influenciam no investimento e manutenção do sistema de irrigação estudado. Logo, é recomendado mais pesquisas relacionadas ao tema.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Consorcio Pesquisa Café pela bolsa de estudos e apoio financeiro a pesquisa e à Embrapa Acre pela infraestrutura física concedida e pela logística para a condução do experimento.

REFERÊNCIAS

ACREBIOCLIMA. **Universidade Federal do Acre**. Disponível em: https://acreibioclima.net/p_ufac.html. Acesso em: 10 out. 2024.

AMARAL, E. F. do; MARTORAN, O. L. G.; BERGO, C. L.; MORAES, J. R. da S. C. de; LUNZ, A. M. P.; SOUZA, L. P. de; ARAUJO, E. A. de; BARDALES, N. G. LIMA, M N de. Condições Agroclimáticas para Subsidiar Cultivos do Café Canéfora no Acre. In: BERGO, C. L.; BARDALES, N. G. (Ed.) **Zoneamento edafoclimático para o cultivo do café canéfora (*Coffea canephora*) no Acre**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 49-88. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1092483>.

ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica** - Resolução Homologatória Nº 3.300, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2023. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20233300ti.pdf>. Acesso em: 3 out. 2024

ANP. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/levantamento-de-precos-de-combustiveis-ultimas-semanas-pesquisadas>. Acesso em: 3 out. 2024.

ARAUJO, D. da C. A; NETO J. D; LIRA, V. M. de; LIMA, V. L. A. de. Avaliação dos Custos de Energia Elétrica no Contexto Operação e Manutenção dos Projetos Públicos de Irrigação. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, vol.7, n.12; 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/Avaliacao%20dos%20custos.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

BATISTA, M.B.; COELHO, M.M.L.P. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. Belo Horizonte, UFMG, 2003. 440 p.

BONGASE, Ebisa Dufera. Impacts of climate change on global coffee production industry. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 19, p. 1607-1611, 2017. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/4F5E4B864137>.

CARVALHO, J. de A.; OLIVEIRA, L.F.C. de. **Instalações de Bombeamento para irrigação**. Lavras: UFLA, 2008. 230 p.

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

ESPINDULA, M.C.; PARTELLI, F.L.; DIAS, J.R.M.; MARCOLAN, A.L.; TEIXEIRA, A.L.; FERNANDES, S.R. Condução de cafeeiros *Coffea canephora*. pp. 217-236. In: MARCOLAN, A.L.; ESPINDULA, M.C. (Ed.) *Café na Amazônia*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 474 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/>

bitstream/doc/1023829/1/17435.pdf.

FAGUNDES, O. S.; Oliveira, L. C. A.; Yamashita O. M.; Silva I. V.; Carvalho M. A. C.; Rodrigues D. V. A crise hídrica e suas implicações no agronegócio brasileiro: Uma revisão bibliográfica. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 1, p. 42-50, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338379366_The_water_crisis_and_its_implications_in_Brazilian_agribusiness_A_bibliographic_review

FERREIRA, A. L.; SILVA, F. B. Universalização do acesso ao serviço público de energia elétrica no Brasil: evolução recente e desafios para a Amazônia Legal. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 27, nº 3. ago. 2021.

FERREIRA, F. E. P.; LOPES, J. R. F.; NERY, A. R. Análise Espacial Das Tendências Climáticas E Sua Influência Na Agricultura Irrigada No Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 29, dez. 2022. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/15571/8453>.

FREITAS G. de S.; ARAÚJO, J. V. de M.; CARDOSO, R. B.; LOPES R. E.; BRITO, T. G. de. Dimensionamento e análises de sistemas energéticos para irrigação em fazendas no estado de Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 5, n. 2, p. 90-108, jun. 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5606/560659001005/560659001005.pdf>. Acesso em: 3 de out. 2024.

HEUERT, S.; COSSUL, D. P.; MEDEIROS, F. A.; KOPP, L. M. Comparação do custo operacional de motores elétricos e diesel em sistemas de irrigação. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28., 2019. Pelotas. **Resumos [...]** Pelotas: 5º SEMANA INTEGRADA, UFPEL 2019. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/201201/CA_04371.pdf

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html>. Acesso em: 15 set. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 03 de out. 2024.

MOREIRA, C. A. M.; SERAPHIM, O. J.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Sistema fotovoltaico monocristalino para bombeamento de água. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n.3, p.31-47, jul./set. 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/422e2218-e906-4983-8b44-7e077d8c146f/content>.

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. da S.; PEZZOPANE, J. E. M. BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no

Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 41, n. 3, p. 341-348, jul./set. 2010.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. cap. 4, p.95-122.

SÁ JÚNIOR, A. de; CARVALHO, J. de A. Análise comparativa do custo para aplicação de uma lâmina de irrigação utilizando energia elétrica e diesel. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n. 3, p. 259-266, jul./set. 2016. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/752>. Acesso em: 03 de out. 2024

SILVA, C. S. DA. **Custo do Bombeamento de Água em Sistema de Irrigação Sob Diferentes Modalidades Tarifárias**. p. 35, 2020. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_8/2020-10-27-01-08-50disserta%C3%A7%C3%A3o_Saulo%C3%A9sar.pdf. Acesso em: 15 nov. 2024.

TABOSA, F. S.; COSTA, E. M. AMARAL FILHO, J. do; TROMPIERI NETO, N. ARAUJO, J. A.; SANTOS, C. P B. dos. Análise da Demanda por Energia Elétrica no Meio Rural do Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas –PPP**, n. 52 | jan./jun. 2019. Disponível em: <https://ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/923>. Acesso em: 15 nov. 2024.

VILLA, B. de; PETRY, M. T; MARTINS, J. D.; TONETTO, F; TOKURA, L. K; MOURA, M. B. de; SILVA, C. M. da; GONÇALVES, A. F; CERVEIRA M. P; SLIM J. E; SANTOS M. S. dos; BELLÉ M. G; DIEGO JIMENEZ, H. Balanço Hídrico Climatológico: Uma Revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, maio, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360460217_Balanco_hidrico_climatologico_uma_revisao. Acesso em: 22 nov. 2024.