

SIMULAÇÃO DAS DESPESAS COM ENERGIA E ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DO CAFEIEIRO, EM UMA PROPRIEDADE COM SISTEMA PIVÔ CENTRAL, SITUADA EM ARAGUARI-MG¹

J. L. M. de SOUZA², J. A. FRIZZONE³

Escrito para apresentação no XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2001
Mabu Hotel & Resort, Foz do Iguaçu – Paraná, 31 de julho a 03 de agosto de 2001

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar os gastos e despesas com energia e água para proceder as irrigações para cultura do cafeeiro, em um pivô central situado na região de Araguari-MG. As análises foram realizadas no “Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro”, denominado *MORETTI*. Diferentes manejos anuais de irrigação e condição de funcionamento do sistema de irrigação foram considerados. Os resultados obtidos permitem verificar que, as simplificações existentes no modelo para fazer o cálculo do consumo e despesa com água e energia, não comprometeram as análises, e possibilitaram simular, quantificar, comparar e escolher a melhor alternativa a ser utilizada.

PALAVRAS-CHAVE: despesas, água e energia, café do cerrado

SIMULATING ENERGY AND WATER COSTS FOR AN IRRIGATED COFFEE AREA IN ARAGUARI, BRAZIL

SUMMARY: This work presents an energy and water cost analysis for a center pivot irrigated coffee area in Araguari, Minas Gerais, Brazil. The analyses were accomplished by an economic model, called *MORETTI*. Different irrigation schedules and system operation were considered. The model allowed to compare and to choose the best economic alternative to be utilized.

KEYWORDS: water and energy, costs, coffee

INTRODUÇÃO: Estudos envolvendo o consumo e despesas com energia e água para a irrigação são importantes. O custo com energia, na maioria das vezes, constitui-se como o principal item do custo variável (MELO, 1992 e FRIZZONE et al. 1994, citados por SOUZA, 2001). A quantidade de energia necessária para transportar a água do local de captação à área a ser irrigada é muito variável, o consumo total depende da energia para fornecer a quantidade de água demandada na área irrigada, da quantidade de água a ser aplicada, da energia hidráulica exigida pelo sistema de irrigação e da eficiência total do sistema de bombeamento (SCALOPPI, 1985, citado por SOUZA, 2001). A irrigação pode ajudar muito os agricultores, porém os riscos da adoção de uma agricultura irrigada devem ser criteriosamente estudados e analisados, objetivando sempre, que os rendimentos sejam maiores que os custos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os gastos e despesas com energia e água para proceder as irrigações para cultura do cafeeiro, em um pivô central de 98,4ha, situado em uma propriedade na região de Araguari-MG. As análises foram realizadas em um “Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro”, denominado *MORETTI*, que contém um módulo (“Fonte de energia”) que foi desenvolvido especialmente para auxiliar a realização de estudos envolvendo o planejamento de projetos com a irrigação do cafeeiro e outras culturas perenes.

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à USP/ESALQ/DER – Piracicaba, SP.

² Eng^o Agrícola, Doutorando em Irrigação e Drenagem/ESALQ/USP – Bolsista da CAPES; Prof. Assistente/DS/SCA/UFPR – Curitiba-PR
Cx. P. 2959 – CEP. 80035-050 – e-mail: moretti@agrarias.ufpr.br

³ Professor Associado DER/ESALQ/USP – Bolsista do CNPq – e-mail: frizzone@carpa.ciagri.usp.br

MATERIAL E MÉTODOS: No presente trabalho, as análises de simulação para estimar o consumo e despesas com energia e água para irrigação, foram realizadas no modelo *MORETTI*. A propriedade analisada denomina-se Macaubas e fica situada na cidade de Araguri, região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais. O sistema de irrigação existente é um pivô central de 98,4ha, e a fonte de energia utiliza é elétrica (tarifa horo-sazonal verde, com irrigação noturna). Os dados meteorológicos utilizados nas análises de simulação são de uma série coletada na estação meteorológica do Parque do Sabiá, situada em Uberlândia. Os valores decendiais da evapotranspiração de referência (*ET_o*) foram estimados pelo método de Thornthwaite, e as simulações da *ET_o* foram realizadas com as distribuições de probabilidade normal, baseando no método de “Monte Carlo”. As precipitações prováveis a 75% de probabilidade, foram estimadas com a função de distribuição de probabilidade gama. A estimativa do armazenamento da água no solo foi feita com a função linear-exponencial, e os manejos de irrigação utilizados estão apresentados na TABELA 1. Maiores informações sobre as características da propriedade, sistema de irrigação e as opções utilizadas nas análises poderão ser melhor verificadas em SOUZA (2001). Para a definição das condições de aplicação das tarifas de energia elétrica, o modelo *MORETTI* considera as regulamentações feitas pelo DNAEE (1997), e os critérios e expressões de cálculo demonstrados no CODI (1994). Para quantificar as despesas pelo uso da água no meio rural, o modelo considera uma tarifação seguindo o que é feito para a energia elétrica, já que não existe uma regulamentação definida. As tarifas para faturamento da energia elétrica são da Resolução N° 87, de 6 de abril de 2000 da ANEEL, e as tarifas de água para irrigação foram baseadas nos valores aplicados às propriedades do projeto de irrigação Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE. Todas as análises de simulação foram processada com 10.000 simulações.

TABELA 1. Manejos de irrigação suplementar utilizado nas análises de simulação.

Manejo	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Manejo 1												
Manejo 2												
Manejo 3												
Manejo 4												
Manejo 5												
Manejo 6												

Irriga
 Não irriga

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A demanda de carga verificada para o funcionamento do sistema de irrigação pivô central na fazenda Macaubas foi de 144,65kW. A TABELA 2 apresenta os valores anuais médios de lâmina, volume, tempo, consumo e despesas com energia e água, obtidos nas simulações para a fazenda Macaubas com os manejos de irrigação 1 a 6, ao longo dos anos de desenvolvimento da cultura. A TABELA 3 apresenta para a cultura adulta do cafeeiro (ano *X_n*) como ficariam as despesas com energia elétrica, caso a propriedade Macaubas estivesse enquadrada em outras modalidades tarifárias. Os valores de despesas apresentados são médios e foram obtidos com 10.000 simulações. Os resultados alcançados permitem verificar que a propriedade Macaubas já se encontra dentro de uma tarifação horo-sazonal que possibilita os menores gastos com energia: tarifa verde com irrigação noturna. A única opção tarifária mais barata que esta, seria para uma situação em que não houvesse a cobrança do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), o que proporcionaria uma redução de 21,9512% nas despesas. A igualdade verificada entre as despesas com energia elétrica na tarifa horo-sazonal azul e verde, deve-se ao equacionamento das tarifas no modelo, que desconsidera a possibilidade de utilização dos sistemas de irrigação no horário de ponta. Logo, a grande desvantagem da tarifa horo-sazonal azul está em utilizá-la no horário de ponta, ou apresentar demanda de ultrapassagem. A tarifa convencional, dentro das mesmas condições estabelecidas para as demais modalidades de tarifação, sempre se mostrou como uma opção onerosa e desfavorável ao agricultor. Cuidados com o valor do fator de potência da instalação devem ser tomados. Dentro das mesmas condições de tarifação, a ocorrência de um fator de potência (cos ϕ) igual a 0,7 aumenta em média, 31,4% as despesas com energia elétrica.

TABELA 2. Valores anuais médios de lâmina, volume, tempo, consumo e despesas com energia e água, obtidos nas simulações para a fazenda Macaubas.

Manejo irrigação	Anos de desenvolvimento da cultura do cafeeiro							σ^*
	Implantação	σ^*	Ano 1-2	σ^*	Ano 2-3	σ^*	Ano Xn	
Lâmina média de irrigação (mm/ano)								
Manejo 1	203,0	17,8	303,6	16,1	358,7	18,0	384,5	44,2
Manejo 2	161,5	19,1	256,4	13,6	317,2	16,6	346,6	44,4
Manejo 3	173,0	11,5	237,1	11,3	285,2	16,6	335,2	20,5
Manejo 4	173,0	11,6	237,1	11,3	285,3	16,6	334,8	20,4
Manejo 5	141,8	9,0	195,3	10,7	234,3	15,9	270,6	18,1
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Volume total médio de água aplicado nas irrigações (1.000 m ³ /ano)								
Manejo 1	199,8	17,5	298,7	15,8	352,9	17,7	378,3	43,5
Manejo 2	158,9	18,8	252,3	13,4	312,1	16,3	341,0	43,7
Manejo 3	170,2	11,3	233,3	11,1	280,7	16,4	329,8	20,1
Manejo 4	170,3	11,4	233,3	11,1	280,7	16,3	329,5	20,1
Manejo 5	139,6	8,9	192,2	10,5	230,6	15,7	266,3	17,8
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tempo necessário para realização das irrigações (horas/ano)								
Manejo 1	1.022,6	89,8	1.529,0	80,91	1.806,6	90,4	1.936,7	222,8
Manejo 2	813,4	96,1	1.291,7	68,63	1.597,6	83,6	1.745,7	223,7
Manejo 3	871,2	57,9	1.194,1	56,83	1.436,7	83,7	1.688,3	103,0
Manejo 4	871,6	58,3	1.194,2	56,73	1.436,9	83,4	1.686,6	102,8
Manejo 5	714,5	45,4	983,7	53,91	1.180,4	80,2	1.363,1	91,4
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumo médio de energia elétrica para realizar as irrigações (kWh/ano)								
Manejo 1	130.279,8	11.444,7	194.787,1	10.307,6	230.152,5	11.521,3	246.726,8	28.389,0
Manejo 2	103.630,4	12.246,0	164.558,0	8.743,5	203.528,8	10.650,6	222.399,8	28.498,4
Manejo 3	110.987,1	7.382,0	152.125,6	7.240,1	183.037,5	10.669,2	215.082,7	13.125,6
Manejo 4	111.033,9	7.434,1	152.138,6	7.227,7	183.056,5	10.627,5	214.866,3	13.091,0
Manejo 5	91.021,0	5.782,5	125.322,2	6.867,8	150.379,1	10.220,7	173.651,6	11.643,0
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Despesa média com energia elétrica para realização das irrigações (dólar/ano)								
Manejo 1	5.201,0	409,2	6.964,1	293,8	8.174,7	387,2	8.701,6	933,6
Manejo 2	4.407,5	429,5	6.129,4	252,6	7.377,8	352,6	7.984,3	935,2
Manejo 3	4.282,3	203,7	5.530,4	220,4	6.649,0	344,2	7.774,3	463,1
Manejo 4	4.284,0	203,4	5.531,3	219,7	6.649,7	342,9	7.766,7	461,4
Manejo 5	3.614,9	161,8	4.725,8	204,1	5.632,8	329,1	6.443,7	409,8
Manejo 6	667,4	0,0	667,4	0,0	667,4	0,0	667,4	0,0
Consumo de diesel para realização das irrigações (m ³ /ano)								
Manejo 1	28,63	2,52	42,81	2,27	50,58	2,53	54,23	6,24
Manejo 2	22,78	2,69	36,17	1,92	44,73	2,34	48,88	6,26
Manejo 3	24,39	1,62	33,43	1,59	40,23	2,34	47,27	2,88
Manejo 4	24,40	1,63	33,44	1,59	40,23	2,34	47,22	2,88
Manejo 5	20,00	1,27	27,54	1,51	33,05	2,25	38,17	2,56
Manejo 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Despesas com diesel para realização das irrigações (dólar/ano)								
Manejo 1	11.307,3	993,3	16.906,1	894,6	19.975,5	1.000,0	21.414,0	2.464,0
Manejo 2	8.994,3	1.062,9	14.282,4	758,9	17.664,7	924,4	19.302,7	2.473,4
Manejo 3	9.632,9	640,7	13.203,4	628,4	15.886,3	926,0	18.667,5	1.139,2
Manejo 4	9.636,9	645,2	13.204,5	627,3	15.887,9	922,4	18.648,8	1.136,2
Manejo 5	7.900,0	501,9	10.877,0	596,1	13.051,8	887,1	15.071,6	1.010,5
Manejo 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Despesas com água para realização das irrigações (dólar/ano)								
Manejo 1	9.060,3	214,0	10.266,7	192,8	10.928,0	215,5	10.928,0	215,5
Manejo 2	8.562,0	229,0	9.701,4	163,5	10.430,1	199,2	10.430,1	199,2
Manejo 3	8.699,5	138,0	9.468,9	135,4	10.046,9	199,5	10.046,9	199,5
Manejo 4	8.700,4	139,0	9.469,1	135,2	10.047,3	198,7	10.047,3	198,7
Manejo 5	8.326,2	108,1	8.967,6	128,4	9.436,2	191,1	9.436,2	191,1
Manejo 6	6.624,0	0,0	6.624,0	0,0	6.624,0	0,0	6.624,0	0,0

* Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

TABELA 3. Despesas médias com energia elétrica na fazenda Macaubas, para irrigação do cafeeiro a partir de vários enquadramentos de tarifação horo-sazonal.

Tarifação horo-sazonal	cos ϕ *	Despesas com energia elétrica na fazenda Macaubas (dólar/ano)					
		Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Manejo 4	Manejo 5	Manejo 6
Verde com irrigação noturna	≥ 0,92	8.701,6	7.984,3	7.774,3	7.766,7	6.443,7	667,4
Desvio padrão (σ)**		933,6	935,2	463,1	461,4	409,8	0,0
Verde sem irrigação noturna	≥ 0,92	12.336,9	10.932,2	10.398,7	10.397,9	8.411,2	667,3
Desvio padrão (σ)**		1.268,7	1.285,9	466,8	468,6	415,5	0,0
Verde com irrigação noturna	0,7	11.445,3	10.518,8	10.212,4	10.198,6	8.465,4	877,1
Desvio padrão (σ)**		1.234,3	1.225,3	615,8	606,5	536,3	0,0
Verde sem irrigação noturna	0,7	16.209,9	14.361,9	13.661,0	13.655,2	11.045,7	877,1
Desvio padrão (σ)**		1.673,5	1.686,1	609,0	610,6	538,3	0,0
Azul com irrigação noturna	≥ 0,92	8.721,2	7.991,7	7.767,3	7.765,5	6.438,2	667,3
Desvio padrão (σ)**		925,8	926,8	463,3	460,9	402,6	0,0
Azul sem irrigação noturna	≥ 0,92	12.290,9	10.922,9	10.398,6	10.392,8	8.406,6	667,3
Desvio padrão (σ)**		1.272,2	1.279,6	469,8	470,8	409,5	0,0
Azul com irrigação noturna	0,7	11.449,7	10.497,5	10.203,6	10.207,5	8.461,5	877,1
Desvio padrão (σ)**		1.225,0	1.238,5	608,5	610,7	534,5	0,0
Azul sem irrigação noturna	0,7	16.176,8	14.350,4	13.667,4	13.663,2	11.056,8	877,1
Desvio padrão (σ)**		1.659,5	1.689,7	617,0	611,8	540,0	0,0
Convencional com irrig. noturna	≥ 0,92	13.308,5	12.338,7	12.088,4	12.087,4	10.042,6	757,0
Desvio padrão (σ)**		1.513,9	1.493,2	820,9	829,3	721,6	0,0
Convencional sem irrig. noturna	≥ 0,92	19.709,0	17.552,1	16.760,6	16.751,3	13.555,6	757,0
Desvio padrão (σ)**		2.108,4	2.120,7	834,7	836,7	737,2	0,0
Convencional com irrig. noturna	0,7	17.477,2	16.185,9	15.875,9	15.861,0	13.202,4	995,0
Desvio padrão (σ)**		1.984,9	1.968,7	1.071,7	1.082,1	952,0	0,0
Convencional sem irrig. noturna	0,7	25.917,0	23.033,5	22.028,3	22.013,8	17.814,7	995,0
Desvio padrão (σ)**		2.763,3	2.781,4	1.089,3	1.088,1	967,1	0,0

* cos ϕ – fator de potência da instalação

** Desvio padrão encontrado nas 10.000 simulações

CONCLUSÃO: De acordo com as análises de avaliação e aplicação no modelo *MORETTI*, verificou-se que as simplificações impostas no cálculo do consumo e despesa com energia, não comprometeram as análises do módulo, e possibilitaram simular, comparar e escolher a melhor alternativa de energia a ser utilizada. A propriedade Macaubas encontra-se enquadrada na tarifação horo-sazonais mais barata possível. As análises considerando a utilização da tarifa convencional, sistema diesel, baixo fator de potência ($\cos \phi = 0,7$) e a ausência de irrigações noturnas, sempre mostraram-se onerosas e desfavoráveis. As despesas com a água para irrigação, baseando-se nas tarifas do projeto “Senador Nilo Coelho”, mostram que os gastos com o referido recurso podem ser equivalentes as despesas atuais com energia elétrica, para proceder as irrigações na propriedade Macaubas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CODI - COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. 2.ed. **Tarifas horo-sazonais: manual de orientação ao consumidor.** Rio de Janeiro: CODI, 1994. 28p
- DNAEE - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Portaria N° 466 de 12 de novembro de 1997. **Condições gerais de fornecimento de energia elétrica.** ??????: CEMIG, 1997. 40p.
- SOUZA, J.L.M. de Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro. Piracicaba, 2001. 253p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. (Trabalho em fase de correção, com período de conclusão previsto para abril de 2001).