

VIABILIDADE ENERGÉTICA DA PRODUÇÃO DO TIFTON 85 NA REGIÃO DA BAIXADA FLUMINENSE

JOÃO PAULO BARRETO CUNHA¹; JOYCE DE AGUIAR CARVALHO²; JULIANA LOBO PAES³ E ROBERTA MARTINS NOGUEIRA⁴

¹ Eng. Agrícola, Prof. Dr. do Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Km 07, Zona Rural, BR-465, Seropédica - RJ, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil, e-mail: jpb Cunha@ufrj.br

² Eng. Agr. e Ambiental, Discente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Km 07, Zona Rural, BR-465, Seropédica - RJ, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil, e-mail: carvalhojoyce@gmail.com

³ Eng. Agr. e Ambiental, Prof. Dr. do Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Km 07, Zona Rural, BR-465, Seropédica - RJ, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil, e-mail: julianalobop@gmail.com

⁴ Eng. Agr. e Ambiental, Prof. da Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Alexandre Ferronato, 1200 - Res. Cidade Jardim, Sinop - MT, 78550-728, Sinop, MT, Brasil, e-mail: roberta.nogueira@ufmt.br

RESUMO: A atividade agrícola do estado do Rio de Janeiro está diretamente pautada na produção de bovinos de leite e corte. Diante do cenário de grande necessidade da produção de alimentos de qualidade para esses rebanhos, a produção do Tifton 85 tem se intensificado. A realização da análise energética do sistema de produção por meio da realização do balanço de energia permite identificar as possíveis entradas e saídas de energia no processo de produção, resultando no saldo energético final do processo produtivo. O objetivo do trabalho foi avaliar os fluxos de energia e a viabilidade energética do processo de produção do Tifton 85 na região da baixada fluminense, no estado do Rio de Janeiro durante a safra 2020. Realizou-se o estudo da eficiência energética e o balanço energético, quantificando o coeficiente energético de cada componente envolvido no processo de produção e determinando as matrizes de consumo energético nas formas de insumos, mão-de-obra, equipamentos, produção e restos culturais. Com base nos resultados é possível afirmar que a capacidade de conversão do sistema se mostrou adequada mesmo com a grande quantidade de energia direta empregada, apresentando eficiência energética positiva e indicando o potencial da produção do Tifton 85 na região da Baixada Fluminense.

Palavras-chaves: alimentação animal, balanço de energia, energia na agricultura, forragicultura.

ENERGY VIABILITY OF TIFTON 85 PRODUCTION IN BAIXADA FLUMINENSE

ABSTRACT: The agricultural activity of the state of Rio de Janeiro is solely based on the production of dairy farming and beef cattle. Faced with a scenario of great need to produce quality food for these herds, the production of Tifton 85 has intensified. Performing the energy analysis of the production system by performing the energy balance allows identifying energy inputs and outputs in the production process, resulting in the final energy balance of the production process. The objective of the work was to evaluate the energy flows and energy viability of the Tifton 85 production process in the Baixada Fluminense region, in the state of Rio de Janeiro, during the year 2020. The study of energy efficiency and energy balance were carried out, quantifying the energy coefficient of each component involved in the production process and determining the energy consumption matrices in the forms of inputs, labor, equipment, production and cultural remains. Based on the results obtained, it is possible to state that the conversion capacity of the system proved to be adequate even with the large amount of direct energy used, presenting positive energy efficiency, and indicating the potential to produce Tifton 85 in the Baixada Fluminense region.

Keywords: animal feed, energy balance, energy in agriculture, forage.

1 INTRODUÇÃO

Convencionalmente, a eficiência dos sistemas de produção agrícola é analisada por duas abordagens distintas, a produtiva que se refere à análise da produção física obtida e a econômica que se relaciona aos custos de produção e lucratividade do sistema (FRIGO *et al.*, 2011). Em contrapartida, atualmente a agricultura busca cada vez mais o uso racional dos recursos empregados, e a determinação da eficiência energética desses processos é um parâmetro importante a ser considerado nos sistemas de produção de culturas em geral, visto que está ligado ao uso e consequente disponibilização de energia e sua viabilidade (ANDREA *et al.*, 2014; GUARESCHI *et al.*, 2020).

Dessa maneira, a viabilidade de um sistema de produção passa pela realização do balanço de energia, que se baseia no princípio físico de conservação de energia, também conhecido como primeiro princípio da termodinâmica, ou seja, a variação de energia em um processo pode ser explicada pelo balanço de energia, isto é, entradas e saídas de energia (VELOSO *et al.*, 2012).

A realização do balanço energético visa principalmente estabelecer os fluxos de energia, identificando a demanda total de energia necessária para produzir ou processar uma unidade de determinado produto. Diante do cenário de busca por sistemas agrícolas mais sustentáveis, a realização do balanço de energia é uma importante ferramenta no auxílio da determinação de novas técnicas ou de sistemas de produção agrícola, proporcionando economia de energia e aumento de eficiência, redução de custos principalmente em sistemas com maior quantidade de tecnologia empregada (MULLER *et al.*, 2017).

Diante do exposto, a identificação dos gargalos energéticos em relação ao uso de fontes convencionais permite intensificar a busca por fontes mais eficientes e seu uso racional, especialmente no que tange a diminuição do uso de combustíveis fósseis, fertilizantes, pesticidas, irrigação (CHEN *et al.*, 2018).

A energia direta utilizada em um processo produtivo não inclui somente o

combustível fóssil utilizado, mas também outras formas de energia derivadas do petróleo, tais como aquelas contidas nos lubrificantes e nos adubos (RIQUETTI; BENEZ, SILVA, 2012). Porém, um estudo completo da energia investida também deve levar em consideração as energias de origem biológica, como o trabalho humano e aquela contida nas sementes. A energia indireta utilizada na agricultura é aquela empregada através do uso de máquinas e implementos necessários à produção. Nesse processo, quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidade de energia, segundo o poder calorífico de cada um.

Ao avaliar o setor agrícola do estado do Rio de Janeiro, boa parte da produção está pautada na pecuária de corte e leiteira, sendo responsável por até 39% do faturamento bruto da produção agrícola do estado (EMATER, 2020). O gênero *Cynodon* é frequentemente utilizado em sistemas de produção de pastagem devido às suas características de produção e adaptação as condições tropicais e subtropicais, e o Tifton 85, gramínea que se destaca especialmente por apresentar várias características favoráveis como alta produção de matéria seca, relação folha / caule e valor nutricional (SILVA *et al.*, 2017).

Diversos autores já verificaram o potencial do Tifton para a alimentação animal, mas informações sobre a viabilidade energética da cultura ainda são escassas e pautadas em literatura que podem não representar os atuais sistemas de produção. Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a viabilidade energética do Tifton 85 na região da Baixada Fluminense, por meio da determinação dos fluxos de energia do processo de produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

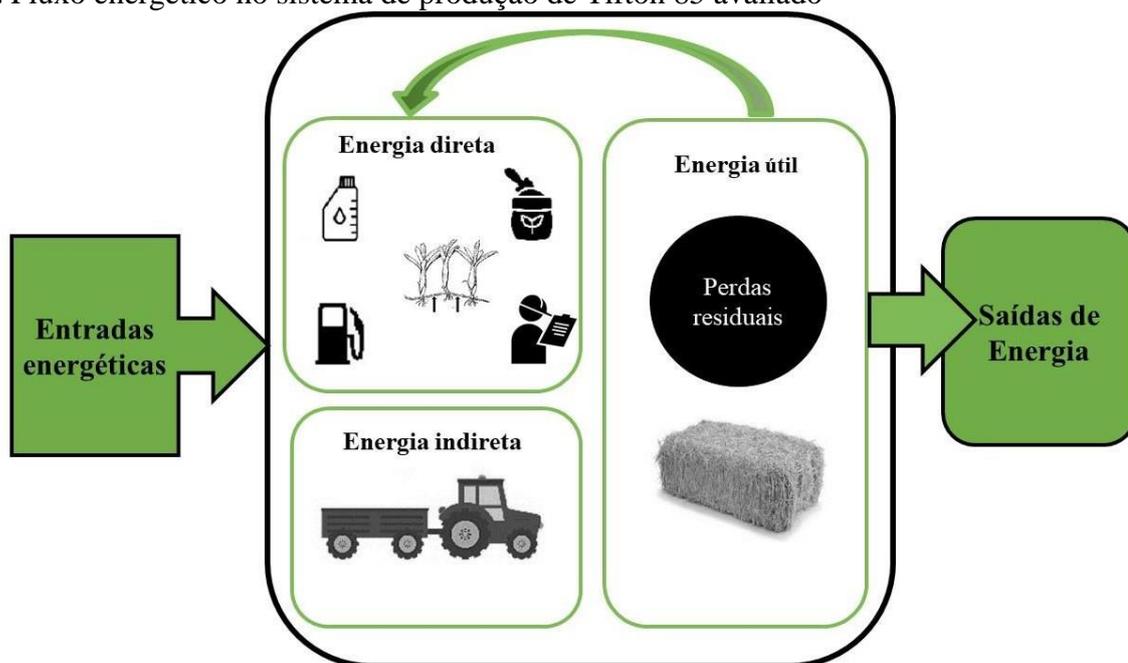
O experimento foi realizado na fazenda Feno Rio, localizada no campus de Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, durante a safra do ano de 2020, em área de três hectares cultivados com Tifton 85 e coordenadas geográficas 22°47'27.68"S e 43°40'49.24"W. A região apresenta clima Aw, de acordo com a classificação Köppen, temperatura média de 23,9°C e precipitação

pluviométrica média de 1213 mm anuais. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico de acordo com levantamento realizado por Ramos, Castro e Camargo (1973).

Visando realizar o balanço energético do sistema estudado, se fez necessário relatar os componentes energéticos envolvidos no sistema de produção do Tifton 85 (*Cynodon*

spp.), como mostra o fluxo energético da Figura 1. Como energia direta, levou-se em consideração os gastos referentes aos combustíveis, lubrificantes e graxa, mão-de-obra, sementes, fertilizantes e defensivos, enquanto para a energia indireta foram considerados os gastos referentes às máquinas e implementos agrícolas (VELOSO *et al.*, 2012).

Figura 1. Fluxo energético no sistema de produção de Tifton 85 avaliado



Fonte: Autores (2023)

Considerou-se como energia útil ou saídas energéticas a produção obtida nas áreas avaliadas onde, após a passagem da enfardadora foi realizada a contagem do número de fardos de Tifton produzidos em cada corte. No caso das perdas ocorridas pelo não recolhimento da enfardadora ou transporte do feno, no presente estudo considerou-se essas perdas como energia útil para os próximos cortes o equivalente a 3% do total produzido em cada corte realizado.

O balanço energético foi calculado mediante a transformação em unidades calóricas dos componentes do sistema, com base nos coeficientes energéticos estabelecidos por diversos autores, de acordo com a Tabela 1. Os gastos energéticos com a mão de obra utilizada foram obtidos em função da quantidade de horas e pessoas demandadas para a operação, multiplicadas pelo coeficiente energético referente a este fator.

Tabela 1. Revista Energia. Componentes energéticos referentes ao sistema de produção de Tifton 85 e seus respectivos coeficientes energéticos.

| Fonte de Consumo | Coefficiente energético | Unidade | Referência |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Mão de obra | 2,9 | MJ homem h ⁻¹ | Campos <i>et al.</i> (2009) |
| Estolão do Tifton | 17,1 | MJ kg ⁻¹ | Autores |
| Adubação (Uréia) | 78,0 | MJ kg ⁻¹ | Romanelli e Milan (2005) |
| Adubação (P2O5) | 12,6 | MJ kg ⁻¹ | Romanelli, Nardi e Saad (2012) |
| Adubação (K2O) | 6,7 | MJ kg ⁻¹ | Romanelli, Nardi e Saad (2012) |
| Calcário | 0,2 | MJ kg ⁻¹ | Macedônio e Picchioni (1985) |
| Glifosato | 418,2 | MJ L ⁻¹ | Pimentel (1980) |
| Piretróide | 184,6 | MJ L ⁻¹ | Campos <i>et al.</i> (2009) |
| Óleo diesel | 43,7 | MJ L ⁻¹ | Duarte <i>et al.</i> (2018) |
| Óleo lubrificante | 39,4 | MJ L ⁻¹ | Campos <i>et al.</i> (2004) |
| Graxa | 43,4 | MJ kg ⁻¹ | Campos <i>et al.</i> (2004) |
| Trator | 69,8 | MJ kg ⁻¹ | Martins <i>et al.</i> (2015) |
| Implementos | 57,2 | MJ kg ⁻¹ | Martins <i>et al.</i> (2015) |
| Feno | 18,9 | MJ kg ⁻¹ | Autores |

Fonte: Autores (2023)

O poder calorífico superior (PCS) das amostras de estolão e feno do Tifton 85 foram determinados por meio da bomba calorimétrica adiabática (C200, IKA WORKS, China), de acordo com a norma ABNT NBR 8633 (1984). De acordo com os resultados obtidos é possível verificar que o estolão apresentou (PCS) de 17,09 MJ kg⁻¹ enquanto o feno produzido apresentou (PCS) de 18,9 MJ kg⁻¹.

A energia consumida por máquinas e equipamentos consistiu na aplicação do método baseado na depreciação energética descrito por Riquetti, Benez e Silva (2012). Tal metodologia consiste em depreciar as máquinas e os implementos durante sua vida útil em função de suas massas. Dessa forma, para execução dos cálculos, empregou-se a Equação 1.

$$DE = \frac{(M.Ce).Tu}{Vu} \quad (1)$$

Em que

DEE = demanda específica de energia, em MJ;

M - peso de máquinas ou equipamentos, em kg;

Ce - coeficiente energético de máquinas ou equipamentos, em MJ kg⁻¹;

Vu - vida útil, em h; e

Tu - tempo de uso, em h.

Dessa maneira, quantificou-se o número de vezes em que cada operação mecanizada foi realizada durante a safra avaliada e o tempo gasto (hora máquina). Para a obtenção do peso das máquinas e implementos utilizados, foram utilizados os dados técnicos referentes aos catálogos dos fabricantes. O consumo de combustível das operações mecanizadas realizadas foi obtido por meio das cadernetas de campo e posteriormente conferidos por meio da normativa ASAE D497.7 (ASABE, 2011), sendo em seguida foi multiplicado pelo seu respectivo coeficiente energético, no qual, juntamente com os gastos com graxa e lubrificantes, permitiu a obtenção de toda energia fóssil consumida.

Como fonte de tração, utilizou-se um trator agrícola Massey Ferguson MF4275, motor ciclo Diesel, potência nominal segundo ISO 1585 de 55,1 kW (75 cv), tração dianteira auxiliar, rodados equipados com pneus diagonais dianteiros (12.4-24) e traseiros (16.9-30). Para a realização do manejo convencional do sistema avaliado, utilizou-se um arado Tatu

Marchesan, modelo AF, com três discos fixos de 26", largura útil de 920 mm e massa de 408 kgf; grade pesada Tatu Marchesan, modelo GAM, dotadas com 14 discos, largura útil de 1500 mm e massa de 1124 kgf.

Para a melhoria e correção do solo, foi realizada a calagem, onde se utilizou um distribuidor de calcário tipo cocho da marca MEPEL dotado de 18 furos, previamente regulado para a dosagem de 1500 kg ha⁻¹, com largura de distribuição de 2500 mm e massa de 280 kgf. Para a incorporação de fertilizantes, foi utilizada grade niveladora KLR, modelo GN195, dotadas com 24 discos de 20", largura útil de 2145mm e massa de 914kgf.

No processo de instalação da cultura do Tifton 85, a distribuição dos estolões foi realizada de forma manual por uma equipe composta por 12 trabalhadores, exigindo para a área avaliada um tempo total de serviço de 32 horas, sendo auxiliado por um conjunto trator/carreta agrícola Triton, modelo TR791 com eixo simples, massa de 365kg e capacidade de carga de 3000kg, o que permitiu a distribuição de 2,5 T ha⁻¹ de estolões na área. Após a distribuição dos estolões, foi a operação de gradagem leve com uma grade marca KLR, modelo GN 195 com massa igual a 914 kgf, permitindo assim picar o material distribuído e incorporar ao solo. Para finalizar o processo de implantação, por meio da utilização de um rolo compactador da marca Canastra, com largura útil de 1,5 m de largura útil e 375 kgf de massa, permitiu a compactação do solo aumentando contato da muda, mais especificamente das gemas que irão originar as raízes, com o solo.

No pré cultivo do tifton, com o auxílio de um pulverizador hidráulico de barras da marca Incomagri, modelo ATTACK 600, largura útil de 10 metros e massa de 220 kgf, foi realizada a aplicação do herbicida glifosato na dosagem de 3 l ha⁻¹. O mesmo equipamento foi utilizado para a aplicação de inseticida para o controle de lagarta, por meio da utilização de Piretróide na dosagem de 0,4 l ha⁻¹. No presente estudo não foram considerados os controles realizados pontuais durante a condução da cultura do Tifton.

Em termos de adubação, realizou-se a adubação de cobertura, onde foi acoplada ao trator um distribuidor de fertilizantes à lança da

marca Cremasco, modelo DAC 1300 com largura de faixa de 2,1 m e massa de 228 kgf, que serviu para aplicar segundo as recomendações das análises de solo previamente realizadas 80 kg ha⁻¹ de fósforo, 60 kg ha⁻¹ de potássio e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia 45%.

A operação de colheita do tifton foi realizada em três etapas, constituindo assim o corte, enleiramento e enfardamento. Para o corte da forragem, foi usado a segadora marca STABRA, modelo S1.70, com 1,70 m de faixa de corte e massa de 320 kgf. No processo de enleiramento do capim, utilizou-se um ancinho enleirador da marca Khunn, modelo Hay BOB 300, com largura de enleiramento de 300 cm e massa de 300 kgf. Para a realização do enfardamento, foi utilizada uma enfardadora da marca Nogueira, modelo 5040 Express, com largura de recolhimento de 1,7 m e massa 1460 kgf, o que permitiu enfardar o tifton em fardos de 13 kg. Concomitante ao processo de endarfamento, foi realizado o transporte do material enfardado, por meio do trator tracionando carreta agrícola Triton, modelo TR791 com eixo simples, massa de 365 kgf e capacidade de carga de 3000 kg.

A eficiência energética (η) do sistema de produção de Tifton 85 avaliado foi obtida por meio da razão entre toda energia convertida e a consumida, com base nas quantidades estimadas de entrada e saída de energia, obtida durante o acompanhamento do ciclo de produção, conforme equação 2 (CUNHA *et al.*, 2015).

$$\eta = \frac{\sum \text{saídas energéticas}}{\sum \text{entradas energéticas}} \quad (2)$$

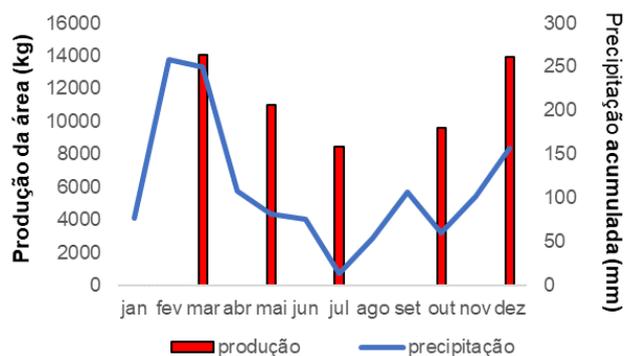
A energia específica (Es) tem sido amplamente utilizada para expressar a quantidade de energia investida para produzir uma quantidade unitária do produto, enquanto a produtividade energética (Pe) mede a quantidade de produto produzido por unidade de entrada de energia, sendo o inverso da energia específica (DUARTE *et al.*, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a produção anual do Tifton 85 e a precipitação acumulada durante a safra 2020, observa-se de acordo com a Figura 2 que os meses de março e dezembro apresentaram as maiores produções. Em contrapartida os valores sofreram decréscimo nos meses de

maio e julho, atingindo os menores valores em outubro. Tal comportamento é semelhante ao obtido por Silva *et al.* (2021), em pastejo de Tifton 85, visando alimentação de vacas em lactação, verificou que a produção tende a diminuir no outono e inverno, atingindo assim os menores valores, voltando a apresentar crescimento na primavera.

Figura 2. Comportamento da produção do Tifton 85 e precipitação durante a safra 2020



Fonte: Autores (2023)

Esse comportamento da produção é esperado para que gramíneas do gênero *Cynodon*, uma vez que são consideradas espécies forrageiras tropicais. Atrelado a um bom manejo de solo e nutrição da planta, o clima é fator predominante para o incremento de produção, estando diretamente relacionada a disponibilidade adequada de água e temperatura, seja em produção em sequeiro ou utilizando complementação via irrigação (SILVA *et al.* 2017).

As energias de entrada (“input”) e de saída (“output”) para cada sistema de manejo estão apresentadas na Tabela 2. De acordo com

os resultados apresentados é possível verificar que a energia contida nos estolões somente foi contabilizada no primeiro corte realizado em março, uma vez que os cortes subsequentes ocorrem em função do contínuo crescimento da pastagem. Segundo Busato *et al.* (2017) a contabilização da energia de entrada permite um entendimento de todo o processo de produção, permitindo identificar parâmetros e uma estimativa precisa das demandas energéticas, uma vez que a quantidade de energia estará diretamente ligada as características individuais de cada unidade de produção.

Tabela 2. Entradas e saídas energéticas (MJ) em cada época de corte do Tifton 85 avaliada.

| Descrição energia (MJ ha ⁻¹) | Época de corte | | | | | | |
|---|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Inputs | Mar | Mai | Jul | Out | Dez | Total |
| Diesel | | 6447,9 | 3351 | 3351 | 4276 | 3351 | 20776,9 |
| Graxa e lubrificante | | 24,5 | 13,1 | 13,1 | 18,1 | 13,1 | 81,9 |
| Estolões | | 42725,0 | - | - | - | - | 42725,0 |
| Resíduos (palha) | | - | 7976,4 | 6240,5 | 4801,2 | 5307,2 | 24325,3 |
| Fertilizantes | | 12810,1 | 11100,5 | 11100,5 | 11470,5 | 11100,5 | 57582,1 |
| Mão de obra | | 416,7 | 93,8 | 93,8 | 106,5 | 93,8 | 804,6 |
| Defensivos | | 1328,4 | 1254,6 | 147,7 | 1254,6 | 1254,6 | 5239,9 |
| Trator | | 271,6 | 141,2 | 141,2 | 258,1 | 141,2 | 953,3 |
| Implementos | | 185,8 | 105,2 | 105,2 | 198,2 | 105,2 | 699,6 |
| Output | | | | | | | |
| Resíduos (Palha) | | 7976,4 | 6240,5 | 4801,2 | 5307,2 | 7899,5 | 32224,8 |
| Feno | | 178378,1 | 139557,6 | 107370,9 | 116412,7 | 176658,2 | 718377,5 |

Fonte: Autores (2023)

Ainda de acordo com os resultados obtidos, energia gasta com diesel, fertilizantes e defensivos foram bastante significativas nos diferentes cortes do tifton 85 avaliados. Ressalta-se o baixo valor energético gasto com defensivos em julho, causa da menor necessidade da aplicação de Piretroide e controle de lagarta. De acordo com Dubis *et al.* (2019) os sistemas de produção de alimentos ou de biomassa necessitam de grande quantidade de insumos derivados de fontes fósseis e fertilizantes.

É possível também observar a grande quantidade o impacto dos resíduos gerados no processo de colheita para o corte subsequente. Jankowski *et al.* (2020) citam que a demanda de energia vai variar em função da região geográfica, tamanho da propriedade e principalmente das tecnologias de produção adotadas.

Especificamente no gasto energético com diesel, vale ressaltar a busca cada vez maior pela substituição por fontes alternativas. Diante do cenário de custo elevado e crise energética, este fator segundo Martins *et al.* (2015) é um dos mais limitantes e de difícil

substituição, uma vez que as soluções visando a redução de consumo energético passam pela redução da utilização de máquinas e implementos, impactando diretamente na capacidade de produção.

A utilização da energia proveniente da mão de-obra, mesmo sendo uma pequena parcela na energia consumida, permite avaliar que o primeiro corte avaliado apresentou o valor maior em comparação aos demais. Segundo Dal Ferro *et al.* (2017) a quantidade de energia gasta com este fator está diretamente relacionada com a frequência e o número de operações realizadas devido ao grau de intensidade da mecanização.

Com relação ao balanço de energia do sistema de produção do Tifton é possível observar na Tabela 3 que as maiores entradas energéticas ocorreram no primeiro corte (realizado em março) por conta da grande quantidade de energia empregada na instalação da cultura. Esse comportamento reflete diretamente na eficiência energética do sistema, uma vez que o período apresenta o menor valor dentre os cortes avaliados (2,9).

Tabela 3. Balanço energético, eficiência energética (η), energia específica (Es) e produtividade energética (Pe) em cada época de corte avaliada do Tifton 85

| | Entradas (MJ ha⁻¹) | Saídas (MJ ha⁻¹) | Energia líquida (MJ ha⁻¹) | n | es | ps |
|-------|--|--|---|----------|-----------|-----------|
| Mar | 64210,0 | 186354,5 | 122144,5 | 2,9 | 6,8 | 0,15 |
| Mai | 24035,8 | 145798,0 | 121762,3 | 6,1 | 3,3 | 0,31 |
| Jul | 21193,0 | 112172,1 | 90979,2 | 5,3 | 3,7 | 0,27 |
| Out | 22383,2 | 121719,9 | 99336,7 | 5,4 | 3,6 | 0,28 |
| Dez | 21366,6 | 184557,7 | 163191,0 | 8,6 | 2,3 | 0,44 |
| Média | 153188,6 | 750602,3 | 597413,7 | 4,9 | 4,03 | 0,24 |

Fonte: Autores (2023)

Vale ressaltar ainda que para os demais períodos avaliados a eficiência energética apresentou comportamento de crescimento em relação ao período de março, ratificando que a eficiência energética está diretamente relacionada com a quantidade de energia utilizada. Segundo Duarte *et al.* (2018) consequentemente, à medida que são obtidas maiores eficiências energéticas, há uma menor energia específica gasta e maior produtividade energética, comportamento esse que é corroborado pelos valores obtidos no presente estudo. Sendo assim, de uma maneira geral é

possível afirmar que o sistema apresentou balanço energético positivo durante todo o processo de produção do Tifton 85 durante a safra avaliada.

Conforme a Figura 3, é possível observar as rubricas e a quantidade de energia empregada durante o ano avaliado na produção do tifton. Os dados obtidos permitem dizer que o consumo de energia direta foi muito superior ao consumo de energia indireta, corroborando com os resultados obtidos por Ferreira *et al.* (2018) na produção de milho irrigado para fins de silagem.

Figura 3. Participação das rubricas energéticas nas energias indiretas e diretas para a produção de Tifton 85

Fonte: Autores (2023)

No que tange as entradas biológicas, o sistema de produção do tifton, apresentou entradas energéticas com estolões utilizados para a instalação da cultura de 37,9%. O comportamento dessa cultura forrageira é bastante específico, uma vez que a cultura permanece instalada durante toda a safra,

apresentando crescimento contínuo a cada corte e impactando diretamente nas entradas de energia nos cortes subsequentes, fazendo com que esses resíduos sejam responsáveis 15,9% de toda energia de entrada.

A contribuição do dispêndio energético dos fertilizantes, herbicidas e combustíveis foi

determinante para o elevado consumo energético dos sistemas de cultivo estudados, corroborando com os resultados obtidos por Kheiry e Dahab (2016), no cultivo do sorgo. Ressalta-se que os gastos energéticos referentes a fertilizantes foram responsáveis por 37,6% de toda energia gasta na produção do Tifton durante a safra avaliada. Horváth, Nyéki e Neményi (2018) citam que atualmente a agricultura se baseia na utilização de fertilizantes a base de nitrogênio, impactando diretamente na energia gasta no processo de produção.

Lin *et al.* (2016) citam que a agricultura atualmente é muito dependente de entrada de energia fóssil, baseada no consumo de combustíveis e lubrificantes, e em função do sistema adotado o consumo dessa fonte energética se faz ainda maior devido a intensidade do uso da mecanização, aumentando assim os custos de produção. Diante do exposto, no presente trabalho os gastos energéticos com diesel e lubrificante foram responsáveis por 13,6 %, valor este muito abaixo do obtido por outros autores avaliando outras culturas para fins de forragem.

O presente trabalho apresentou baixa representação da energia indireta gasta (1,1%) o que indica que o sistema de produção de tifton utiliza baixa intensidade em operações mecanizadas. Martins *et al.* (2015) citam que o consumo de energia indireta se deve ao fato de o trator ser a força motriz primordial para a execução de todos os tratamentos culturais, ficando assim a energia gasta dependente da capacidade operacional e a massa dos equipamentos.

De acordo com Woods *et al.* (2010) a relação entre entradas de energia com o rendimento energético da cultura não apresenta um comportamento linear, sendo assim, em diversas culturas uma quantidade menor de entradas energéticas pode levar a rendimentos mais baixos e a maiores demandas de energia por tonelada de produto colhido. Especificamente, a eficiência energética da cultura durante o período avaliado a cultura do Tifton 85 apresentou média de 4,9, sendo este valor inferior a outras culturas que visam a alimentação animal.

Apesar do exposto, é possível afirmar baseado nos resultados que a cultura do Tifton

85 apresentou balanço energético positivo e consequentemente se mostrou eficiente energeticamente. Sendo assim é possível afirmar o grande potencial de exploração da cultura por parte dos produtores da região metropolitana do estado do Rio de Janeiro, visto que, em diferentes regiões do Brasil a cultura tem demonstrado bons resultados.

4 CONCLUSÕES

A safra avaliada neste estudo mostrou resultados positivos de balanço energético, mesmo apresentando altas demandas energéticas. As entradas de energia direta foram predominantes devido ao significativo participação do óleo diesel, fertilizantes químicos.

Apesar da grande quantidade de energia empregada, especialmente para a implantação da cultura, a capacidade de conversão do sistema se mostrou adequada, apresentando eficiência energética positiva e com valores próximos a outros estudos com culturas forrageiras.

A análise energética é uma importante ferramenta para avaliar e medir a sustentabilidade de diferentes sistemas agrícolas, e com base nos resultados obtidos no presente estudo, verifica a potencialidade da região da baixada fluminense para a produção do Tifton 85.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e a empresa FENO Rio pelo apoio a esta pesquisa, e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsas de iniciação científica aos alunos participantes desta pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

ANDREA, M. C. S.; TIEPPO, R. C.; GIMENEZ, L. M.; POVH, F. P.; KATSMAN, T. J.; ROMANELLI, T. L. Energy demand in agricultural biomass production in Parana state, Brazil. **Agricultural Engineering**

International, Beijing, Special Issue, p. 42-51, 2014. Disponível em: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2916>. Acesso em: 11 maio 2023.

ASABE. **ASAE D497.7**. Agricultural machinery management data. St. Joseph: ASABE Standards, 2011.

BUSATO, P.; SPEGNO, A.; BERRUTO, R.; BOCHTIS, D.; CALVO, A. A Web-Based Tool for Energy Balance Estimation in Multiple-Crops Production Systems. **Sustainability**, Basel, v. 9, n. 5, p. 789-807, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9050789>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/5/789>. Acesso em: 22 maio 2023.

CAMPOS, A. T.; SAGLIETTI, J. R. C.; BUENO, O. C.; CAMPOS, A.T.; KLOSOWSKI E. S.; GASPARINO, E. Balanço energético na produção de feno de alfafa em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 245- 25, 2004.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; SOUZA, C. V.; ZANINI, A.; PRESTES, T. M. V. Análise energética da produção de soja em sistema de plantio direto. **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 2, n. 2, p. 38-44, 2009.

CHEN, R.; QIN, Z.; HAN, J.; WANG, M.; TAHERIPOUR, F.; TYNER, W. Life cycle energy and greenhouse gas emission effects of biodiesel in the United States with induced land use change impacts. **Bioresource Technology**, Amsterdã, v. 251, n. 1, p. 249-58, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417321648>. Acesso em: 18 maio 2023.

CUNHA, J. P. B.; CAMPOS, A. T.; MARTINS, F. G. L.; PAULA, V. R.; VOLPATO, C. E. S.; SILVA, F. C. Demanda energética de diferentes manejos de solo no

cultivo de milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 808-817, 2015.

DAL FERRO, N.; ZANIN, G.; BORIN, M. Crop yield and energy use in organic and conventional farming: A case study in north-east Italy. **European Journal of Agronomy**, Amsterdã, v. 86, p. 37-47, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.03.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030117300370>. Acesso em: 19 maio 2023.

DUARTE, C. M.; CUNHA, J. P. B.; OLIVEIRA, M. V. M.; HONORATO, L. P. Demanda energética na produção de sorgo silageiro na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 555-564, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i6.833>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/833>. Acesso em: 23 maio 2023.

DUBIS, B.; JANKOWSKI, K. J.; ZALUSKI, D.; BÓRAWSKI, P.; SZEMPLIŃSKI, W. Biomass production and energy balance of Miscanthus over a period of 11 years: a case study in a large-scale farm in Poland. **GCB Bioenergy**, New Jersey, v. 11, n. 10, p. 1187-1201, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12625>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcbb.12625>. Acessado em: 25 abr. 2023.

FERREIRA, T. A.; FERREIRA, S. C.; BARBOSA, J. A.; VOLPATO, C. E. S.; FERREIRA, R. C.; SILVA, M. J.; BARBOSA, L. M. Energy balance of irrigated maize silage. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 5, p. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170625>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/ptzh3BQTZH64M7CmsqVyjkm/?lang=en>. Acesso em: 3 maio 2023.

FRIGO, M. S.; FRIGO, E. P.; BUENO, O. C.; ESPERANCINI, M. S. T.; KLAR, A. E.

Custos energéticos do agroecossistema pinhão-manso e milho: Comparativo entre o sistema de condução sequeiro e o irrigado. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 2, p.87-102, 2011. DOI:

<https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2011v26n2p87-102>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/212>. Acessado em: 4 maio 2023.

GUARESCHI, R. F.; MARTINS, M.; SARKIS, L.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Energy use efficiency in soybean crops in different regions of Brazil. **Semina**, Londrina, v. 41, n. 6, p. 2991-3010, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6Supl2p2991>. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/39823>. Acesso em: 25 maio 2023.

HORVÁTH, T.; NYÉKI, A.; NEMÉNYI, M. The energy balance of maize production – alternative approaches. **Acta Agraria Debreceniensis**, Debrecen, v. 74, p. 59-63, 2018. DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/74/1665>. Disponível em: <https://ojs.lib.unideb.hu/actaagrar/article/view/1665>. Acesso em: 21 maio 2023.

JANKOWSKI, K. J.; DUBIS, B.; SOKÓLSKI, M. M.; ZAŁUSKI, D.; BÓRAWSKI, P.; SZEMPLIŃSKI, W. Productivity and energy balance of maize and sorghum grown for biogas in a large-area farm in Poland: An 11-year field experiment. **Industrial Crops and Products**, Amsterdã, v. 148, p. 1-11, 2020.

KHEIRY, A. N. O.; DAHAB, M. H. Energy Input and output analysis for production of selected crops in the central clay vertisols of Gezira agricultural scheme (Sudan). **International Journal of Science and Research**, Mumbai, v. 5, n. 3, p. 1215-1220, 2016.

LIN, H. C.; HUBER, J.; GERL, G.; HULSBERGEN, K. J. Effects of changing farm management and farm structure on

energy balance and energy-use efficiency—A case study of organic and conventional farming systems in southern Germany. **European Journal of Agronomy**, Amsterdã, v. 82, p. 242-253, 2016.

MACEDÔNIO, A. C.; PICCHIONI, A. S. **Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária**. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura, 1985.

MARTINS, F. G. L.; BARBOSA, J. A.; CARVALHO, R. C. S.; VELOSO, A. V.; MARIN, D. B. Energetic analysis of corn production for silage grown in different spacing. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 4, p. 418-428, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n4p418-428>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1853>. Acesso em: 21 maio 2023.

MULLER, J.; LEVIEN, R.; MAZURANA, M.; ALBA, D.; CONTE, O.; ZULPO, L. Energy balance in crop-farming system under soil management and cover crops. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 3, p. 348-353, 2017.

PIMENTEL, D. **Handboock of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980.

RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, M. N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 6, p. 1-27, 1973.

RIQUETTI, N. B.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. R. A. Demanda energética em diferentes manejos de solo e híbridos de milho. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 2, p. 76-85, 2012. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2012v27n2p76-85>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/629>. Acesso em: 12 maio 2023.

ROMANELLI, T. L.; MILAN, M. Energy balance methodology and modeling of supplementary forage production for cattle in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 1-7, 2005.

ROMANELLI, T. L.; NARDI, H. S.; SAAD, F. A. Material embodiment and energy flows as efficiency indicators of soybean (*Glycine max*) production in Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 261-270, 2012.

EMATER. Secretaria de agricultura, pecuária, pesca e abastecimento. **2020 Relatório de atividades**. Rio de Janeiro: EMATER Rio, 2020.

SILVA, V. R.; COSTA, K. A. P.; SILVA, M. A. P.; NICOLAU, E. S.; SILVA, V. C.; SOUZA, W. F.; CARMO, R. M.; BRANDSTETTER, E. V. Production, Forage Quality, and Performance of Holstein Cows under Intermittent Grazing on Tifton 85. **Journal of Agricultural Science**, Richmond Hill, v. 9, n. 8, p. 12-21, 2017.

SILVA, A. W. L.; PAZ, L. L.; CAGLIARI, A. R.; BORTESE, H. P.; BEGNINI, N. J.; MARTINS, H.; BACKES, R. G. Acúmulo mensal de forragem em pastagem de Tifton 85 no Oeste Catarinense. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 1, p. 7233-7249, 2021.

VELOSO, A. V.; CAMPOS, A. T.; PAULA, V. R.; DOURADO, D. C.; YANAGI JÚNIOR, T.; SILVA, E. B. Energetic efficiency of a deep bed swine production system. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1068-1079, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000600008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/GBrhzLV3WgbCYc33HqC5FbR/?lang=en>. Acesso em 18 maio 2023.

WOODS, J.; WILLIAMS, A.; HUGHES, J. K.; BLACK, M.; MURPHY, R. Energy and the food system. **Philosophical Transactions of Royal Society**, London, v. 365, n.1554, p. 2991-3006, 2010.