



Acc4emic

INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Incorporação de Energia na Fase de Montagem de Colhedoras de Cana-De-Açúcar

MANTOAM, E. J. ^{a,b*}, ROMANELLI, T. L. ^c

a. M.Sc. em Máquinas Agrícolas,

b. CNH Latin America, Piracicaba, São Paulo

c. Professor Doutor, Universidade de São Paulo, Colégio de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Correspondência autor, edemilson.mantoam@hotmail.com*

Resumo

A questão energética é um dos principais desafios do século XXI. Por outro lado, os aspectos geopolíticos e ambientais, são fontes de preocupação para o modelo econômico atual. A análise de energia é necessária para o gerenciamento de recursos naturais limitados, para abastecer uma população mundial em constante crescimento. Estudos de energia incorporada em máquinas agrícolas são escassos. O presente trabalho visa determinar a incorporação de energia na fase de montagem de colhedoras de cana-de-açúcar. Foram avaliadas duas colhedoras, denominadas Máquina 1 equipada com rodas e pneus e Máquina 2 equipada com esteiras metálicas, fabricadas por uma companhia localizada na região de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil. Foram contabilizados os insumos indiretamente utilizados na fase de montagem, no entanto, não há diferença no consumo desses insumos para ambas as colhedoras, pois elas utilizam de uma mesma infraestrutura e tempo de ciclo de montagem. Os dados de consumo dos insumos foram processados, apresentando os fluxos de materiais utilizados, os quais foram multiplicados pelo seu índice de energia incorporada, resultando na energia incorporada nos insumos requeridos pelo sistema de produção. Os resultados demonstram que a eletricidade apresentou maior energia incorporada (16.706,70 MJ). A energia incorporada na mão-de-obra, como bem, na infraestrutura, foi baixa, podendo ser desconsiderada.

Palavras-chave: *Máquinas agrícolas, indústria, mecanização, gestão, análise de ciclo de vida*

1. Introdução

A segurança energética é um dos principais desafios do século XXI. O aumento da população mundial e do consumo per capita, associados ao problema da mudança do clima, necessitam de ações coordenadas e sustentáveis, em seus aspectos ambientais, sociais e econômicos (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009). O uso de recursos também é um desafio ao paradigma da sustentabilidade ambiental: a hipótese de um modelo social e produtivo que não prejudique as oportunidades de sobrevivência e bem-estar das gerações futuras. Assim, torna-se importante desenvolver e utilizar recursos (materiais e energia) renováveis (MANZINI e VEZZOLI, 2002).

A análise de energia é necessária para o gerenciamento de recursos escassos em sistemas de produção, dentre eles a produção agrícola. Essa análise, ao identificar as práticas de produção, quantifica sua eficiência sob o ponto de vista energético. Outro benefício desse tipo de análise é a determinação da energia incorporada nas etapas do processo de produção, que pode auxiliar na gestão

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

dos mesmos, permitindo o atendimento de metas de melhoria ambiental (UMAR, 2003). Além disso, sua aplicação em operações industriais pode mostrar resultados que não apresentem apenas os benefícios individuais de uma empresa, mas apresentem benefícios para a sociedade (BOUSTEAD e HANCOCK, 1979).

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna; sendo necessária para produzir bens a partir de recursos naturais e para fornecer serviços (HINRICHS e KLEINBACH, 2009). Assim, a energia é definida em termos científicos como a habilidade para produzir trabalho e calor (BOUSTEAD e HANCOCK, 1979). Em todas as partes do mundo, a demanda por energia está aumentando (ADUBAKAR e UMAR, 2006). É importante compreender a energia não só como produto da Natureza, transformada ou não, mas como produto do trabalho, pois se considera que toda energia socialmente utilizada, pressupõe trabalho incorporado (MACEDÔNIO e PICCHIONI, 1985). Contudo, a energia é melhor descrita em termos do que ela pode fazer. Não podemos ver a energia, apenas nos seus efeitos; não podemos gerá-la, apenas obté-la e usá-la; e não podemos destruí-la, apenas degradá-la. Ao contrário da comida e da moradia, a energia não é valorizada por si própria, mas pelo que pode ser feito com ela (HINRICHS e KLEINBACH, 2009).

A determinação da demanda de energia é um fator de fundamental importância para a gestão de processos de produção, identificam-se e quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos (SIQUEIRA et al., 1999; ROMANELLI et al., 2008; ROMANELLI, 2009a). Nessa avaliação considera-se como energia de entrada não somente as fontes de energia empregadas diretamente, como a eletricidade e os combustíveis, mas também a energia demandada nos processos de fabricação e obtenção de outros insumos e serviços utilizados no processo produtivo.

A operação de uma fábrica deve ser levada em conta detalhadamente desde o início de sua análise energética. Poucas fábricas têm o consumo de energia monitorado para diferentes áreas de produção, sendo assim, a eficiência de energia de operações diferentes também são desconhecidas. Conhecer o consumo em diferentes áreas de uma fábrica é útil por algumas razões:

1) O custo de combustíveis tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, assim a economia de energia vem sendo buscado por muitos gerentes de fábricas; 2) Se uma linha de produção nova ou modificada é proposta, o custo de energia precisa ser comparado com um processo existente; 3) Se um operador deseja comparar a sua eficiência de energia com outro, ou realmente com outra fábrica dentro da mesma companhia; 4) O departamento de custos precisa de um método de apontamento dos custos dos combustíveis entre diferentes centros de custos para prover análise de energia detalhada em uma base realista.

Outra razão para as fábricas terem interesse em análise de energia é o aumento da importância da análise do impacto ambiental. Os responsáveis pelas fábricas envolvidos em cada análise de energia estão interessados não somente na operação de suas fábricas, mas sim, apoiando as indústrias; assim eles têm interesse direto na quantidade de energia bruta necessária para a produção do produto, independentemente do que o avaliador estiver calculando (BOUSTEAD e HANCOCK, 1979).

A minimização do consumo de energia refere-se às intervenções que visam à redução, ou a otimização do consumo em todas as operações ligadas à obtenção de um produto, da otimização dos parâmetros dos processos produtivos, até a eficiência dos sistemas de armazenagem e movimentação dos materiais e componentes; redução dos resíduos; eficiência dos sistemas de aquecimento, aeração e iluminação no interior das fábricas (MANZINI e VEZZOLI, 2002).

O presente trabalho visa determinar a incorporação de energia na fase de montagem de colhedoras de cana-de-açúcar, abordando os insumos indiretamente utilizados, tendo como objeto do trabalho duas colhedoras autopropelidas de cana-de-açúcar, fabricadas por uma montadora de colhedoras, localizada na região de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.

2 Material e Métodos

Avaliou-se a energia incorporada nos insumos indiretamente utilizados na fase de montagem de duas colhedoras autopropelidas de cana-de-açúcar, com massa entre 14.863 kg e 16.972 kg. Ambas as

colhedoras são equipadas com motor de ciclo diesel, 6 cilindros em linha, injeção direta, alimentação forçada e pós-refrigerado por carga de ar, com potência de 260 kW (354 cv) e rotação máxima 2.100 rpm.

O levantamento dos dados necessários para a execução do estudo foi feito junto a uma montadora de colhedoras de cana-de-açúcar, localizada na região de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil. O primeiro passo foi definir o fluxograma (1¹) (Fig. 1). As planilhas eletrônicas utilizadas para os cálculos foram desenvolvidas utilizando o software Microsoft Excel[®] 2007.

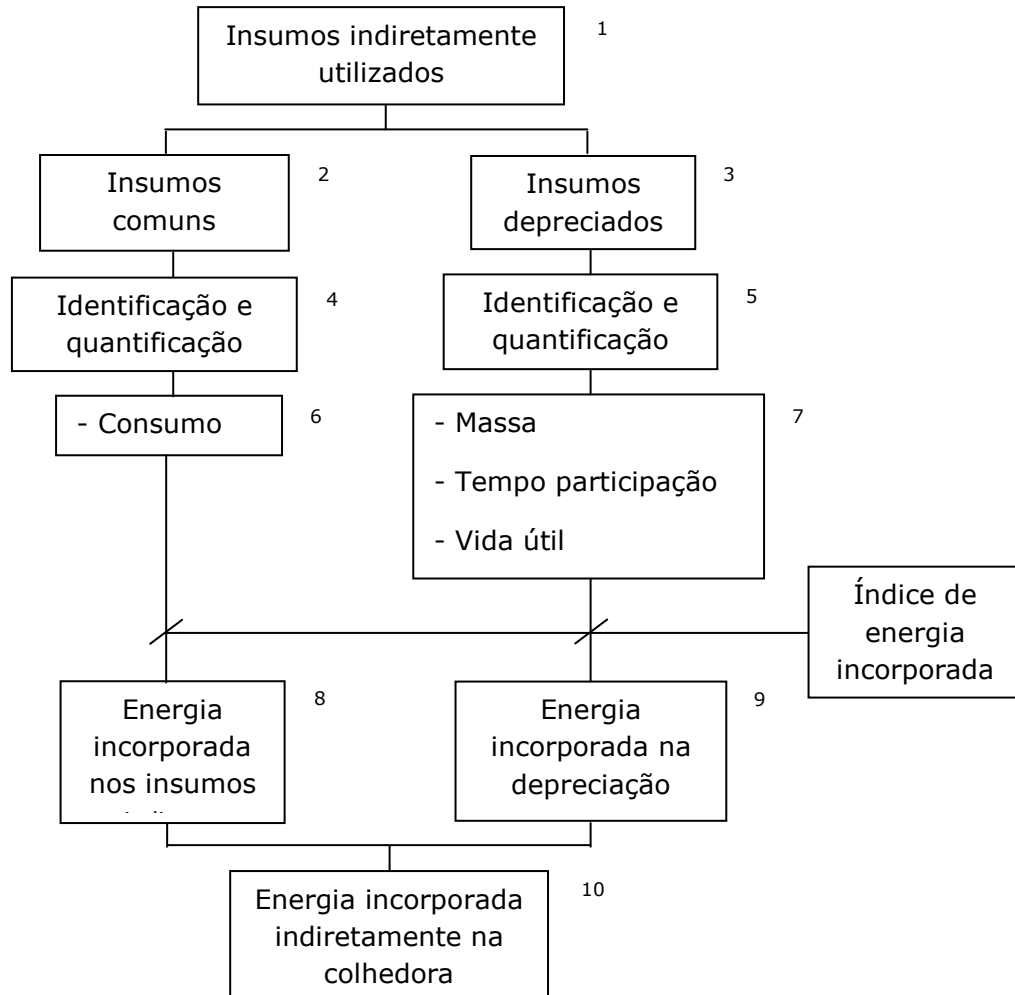


Fig. 1. Fluxograma da determinação da energia incorporada indiretamente na colhedora de cana-de-açúcar

Os insumos indiretamente utilizados (1) se referem aos insumos comuns, como eletricidade, água, gás liquefeito de petróleo, óleo lubrificante (2), pois esses insumos ao serem utilizados prestam um serviço ao processo, sendo intangíveis no produto final, embora sejam incorporados. Esses insumos não têm o seu consumo específico na fabricação das colhedoras, uma vez que essa empresa fabrica também outras máquinas agrícolas. A sua identificação e quantificação (4) foi feita baseado no levantamento do consumo médio desses insumos ao longo de 36 meses, correspondente aos anos: 2008, 2009 e 2010. As Equações 1 a 3, indicaram a média do seu consumo para cada insumo por unidade de colhedora. Assim para encontrar o consumo específico desses insumos para uma colhedora, primeiramente foi encontrado a participação da colhedora dentro do total de máquinas produzidas, para um determinado ano (ver Eq. 1). As horas de mão-de-obra necessárias para realizar a montagem da colhedora, foram baseadas no cadastrado de horas no banco de dados da empresa.

¹ Os números entre parênteses referem aos números da Figura 1.

$$PCP = (UCPi * TGCi * 100) / \Sigma TPi \quad (1)$$

Onde: PCP = participação da colhedora dentro do total de máquinas produzidas no i-ésimo ano (%); UCP = unidades de colhedoras produzidas no i-ésimo ano; (unidades ano⁻¹); TGC = tempo gasto para produzir uma colhedora (h unidade⁻¹); ΣTP = somatório tempo total de produção para os demais produtos da empresa no i-ésimo ano (h ano⁻¹); i = ano.

Com o dado da participação de colhedoras produzidas por ano, multiplicado pelo consumo do insumo anual e dividido pela unidade de colhedoras produzidas, resulta o consumo do insumo médio anual da colhedora, para um determinado ano (ver Eq. 2).

$$CMAi = ((PCP / 100) * CIAi) / UCPi \quad (2)$$

Onde: CMA = consumo do insumo médio no i-ésimo ano (kWh unidade⁻¹; m³ unidade⁻¹; kg unidade⁻¹; L unidade⁻¹); PCP = participação da colhedora dentro do total de máquinas produzidas no i-ésimo ano (%); CIA = consumo do insumo no i-ésimo ano (kWh ano⁻¹; m³ ano⁻¹; kg ano⁻¹; L ano⁻¹).

Assim o consumo médio total foi determinado somando-se o consumo médio anual referente aos anos de 2008, 2009 e 2010 e dividindo-os pela quantidade de anos avaliados. Isso identificou o consumo médio total para cada insumo por unidade de colhedora produzida (ver Eq. 3).

$$CMT = \sum_{i=1}^N \frac{CMA_i}{N} \quad (3)$$

Onde: CMT = consumo médio total (kWh unidade⁻¹; m³ unidade⁻¹; kg unidade⁻¹; L unidade⁻¹); N = número de anos avaliados; i = ano.

Com os dados de consumo médio total (6) multiplicado pelo seu índice de energia incorporada, resulta na energia incorporada nos insumos indiretos (8) (ver Eq. 4).

$$EIII = CMT * EI \quad (4)$$

Onde: EIII = energia incorporada nos insumos indiretos (MJ); EI = energia incorporada do material (MJ kg⁻¹; MJ m⁻³; MJ unidade⁻¹).

Contido nos insumos indiretamente utilizados (1) existem os insumos que são depreciados no processo produtivo, como alvenaria, máquinas, equipamentos e ferramentas (3). Esses insumos não têm o seu consumo de forma comum na empresa fabricante de colhedoras, uma vez que essa empresa fabrica também outras máquinas agrícolas.

A sua identificação e quantificação (5) foi feita para que a massa e a vida útil dos mesmos sejam determinadas e também os insumos auxiliares ao seu funcionamento, como, óleo lubrificante. Assim o cálculo de consumo médio desses insumos, para a colhedora de cana-de-açúcar, foi feito em função da taxa de utilização que corresponde à porcentagem de colhedoras produzidas ao longo de 36 meses, correspondentes aos anos: 2008, 2009 e 2010. Isso indicou a taxa de utilização para cada insumo por unidade de colhedora (ver Eq. 5).

$$TUI = \sum_{i=1}^N \frac{PCP_i}{N} \quad (5)$$

Onde: TUI = taxa de utilização dos insumos (%).

Com o dado da taxa de utilização dos insumos, multiplicado pela infraestrutura utilizada, como m² área expedição; m² área armazém peças; m² área centro treinamento; kg equipamentos de informática, resulta no consumo médio para cada insumo depreciado por unidade de colhedora produzida (ver Eq. 6).

$$\text{CMD} = (\text{TUI} / 100) * \text{IEU} \quad (6)$$

Onde: CMD = consumo médio depreciado (m²; kg); IEU = infraestrutura utilizada (m²; kg).

Com os dados de consumo médio depreciado, vida útil e conhecendo-se o tempo de participação (7) que um determinado equipamento tem no processo produtivo, resultou na massa depreciada relativa à fabricação da colhedora, multiplicados pelo seu índice de energia incorporada, resulta na energia incorporada na depreciação da infraestrutura (9) (ver Eq. 7).

$$\text{EIDI} = ((\text{CMD} / \text{VU}) * \text{TC}) * \text{EI} \quad (7)$$

Onde: EIDI = energia incorporada na depreciação da infraestrutura (MJ); VU = vida útil da i-ésima máquina, ferramenta, prédio (h); TC = tempo de ciclo gasto pela máquina, ferramenta, prédio na fabricação de uma colhedora (h); EI = energia incorporada do material (MJ kg⁻¹; MJ m⁻²).

A vida útil para os insumos indiretamente utilizados, que são depreciados no processo produtivo, foi baseada na Instrução Normativa (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 1998). Essa Instrução Normativa foi regulamentada pela Secretaria da Receita Federal do Brasil, no uso de suas atribuições e tendo em vista o disposto no art. 253, § 1º, do Regulamento do Imposto de Renda, aprovado pelo Decreto n. 1.041, de 11 de janeiro de 1994. A vida útil informada na Instrução Normativa é representada na unidade de medida anos. No entanto o autor adaptou essa vida útil para a unidade de medida horas, estimando desta forma a quantidade de horas de trabalho referente à vida útil dos insumos indiretamente utilizados (ver Tabela 1).

Tabela 1. Valores da vida útil para os insumos indiretamente utilizados. Adaptado do Ministério da Fazenda (1998).

Referência NCM	Bens	Vida útil (anos)	Vida útil (horas) ¹
8204	Chaves de porcas, manuais (incluídas as chaves dinamométricas); chaves de caixa intercambiáveis, mesmo com cabos.	5	43.200
8462	Máquinas-ferramentas (incluídas as prensas) para forjar ou estampar, martelos, martelos-pilões e martinetes, para trabalhar metais; máquinas-ferramentas (incluídas as prensas) para enrolar, arquear, dobrar, endireitar, aplanar, cisalhar, puncionar ou chanfrar metais; prensas para trabalhar metais ou carbonetos metálicos, não especificados.	10	86.400
8467	Ferramentas pneumáticas, hidráulicas ou de motor, não elétrico, incorporado, de uso manual.	10	86.400
8517	Aparelhos elétricos para telefonia ou telegrafia, por fio, incluídos os aparelhos telefônicos por fio conjugado com um aparelho telefônico portátil sem fio e os aparelhos de telecomunicação por corrente portadora ou de telecomunicação digital; videofones.	5	43.200
9017	Instrumentos de desenho, de traçado ou de cálculo (por exemplo: máquinas de desenhar, pantógrafos, transferidores, estojos de desenho, régua de cálculo e discos de cálculo); instrumentos de medida de distâncias de uso manual (por exemplo: metros, micrômetros, paquímetros e calibres).	10	86.400
9406	Construções pré-fabricadas.	25	216.000

¹ Baseado em 8.640 h ano⁻¹.

A soma dos insumos comuns (2) e insumos depreciados (3) resultou na energia incorporada

indiretamente na colhedora autopropelida (10) (ver Eq. 8).

$$EIIC = EIII + EIDI \quad (8)$$

Onde: EIIC = energia incorporada indireta da colhedora autopropelida (MJ).

2.1 Índice de energia incorporada

Para cada insumo representado por sua unidade de medida (m^3 , kWh, kg, L, h, m^2), foi obtido o seu respectivo índice de energia incorporada em referência. Os resultados foram apresentados em MJ unidade⁻¹ (ver Tabela 2).

Tabela 2. Índice de energia incorporada para os insumos utilizados

Insumo	Unidade	Energia incorporada MJ unidade ⁻¹	Fonte
Aço carbono	kg	51,52	Berry and Fels (1973)*
Água	m^3	2,37	Leach and Slesser (1974)*
Alumínio	kg	231	Stodolsky et al. (1995)
Chumbo	kg	17,31	Porameswaren and Nadkarni (1975)*
Cobre	kg	140	Stodolsky et al. (1995)
Eletricidade	kWh	15	Boustead and Hancock (1979)
Gás liquefeito de petróleo	kg	58,89	Boustead and Hancock (1979)
Mão-de-obra	h	2,2	Serra et al. (1979)
Óleo lubrificante	L	37,28	Ministério de Minas e Energia (2009)
Polipropileno	kg	110,16	Boustead and Hancock (1979)
Construções	m^2	3500	Tavares (2006)
Sílica	kg	0,79	Bravard et al. (1972)*
Zinco	kg	56,63	Porameswaren and Nadkarni (1975)*

*apud Boustead and Hancock (1979)

3 Resultados

A Tabela 3 apresenta o fluxo de material e energia incorporada nos insumos comuns, utilizados indiretamente na montagem, bem como, a energia incorporada nesses insumos, para uma unidade de colhedora. Não há diferença nesse fluxo de material para as máquinas, pois ambas utilizam da mesma infraestrutura e tempo de ciclo de montagem para serem fabricadas.

A eletricidade e a mão-de-obra representaram 1.113,8 kWh e 127,0 h respectivamente por unidade de colhedora. A eletricidade é utilizada como fonte de energia para o compressor de ar e iluminação. As horas de mão-de-obra são especificamente consumidas pelos operários durante o tempo de ciclo de montagem da colhedora.

Assim, a maior quantidade de energia incorporada é atribuída à eletricidade, com 16.706,7 MJ (88,8%), e a menor quantidade é atribuída ao óleo lubrificante, utilizado pelo compressor de ar 22,7 MJ (0,1%). O consumo de 15,7 m^3 de água por colhedora resultou em um valor de energia incorporada baixo 37,1 MJ (0,2%), comparado, por exemplo, com 1.773,0 MJ (9,4%) de gás liquefeito de petróleo. Esse insumo é utilizado como combustível pelas empilhadeiras para o transporte e movimentação de materiais no processo de montagem da colhedora. As fontes para os índices de energia incorporada estão referenciadas na Tabela 1. A energia humana requerida para desempenhar alguma atividade é baixa comparada com as outras categorias de energia, como relatado por Bridges e Smith (1979). Nesse trabalho a energia humana requerida na montagem da colhedora foi de 279,5 MJ.

Tabela 3. Fluxo de material e energia incorporada nos insumos comuns

Entrada	Unidade	Índice energia incorporada MJ unidade ⁻¹	Máquinas 1 e 2		
			Quantidade	Energia incorporada nos insumos MJ	% Subtotal
Eletricidade	kWh	15,00	1.113,80	16.706,70	88,8
Gás liquefeito de petróleo	kg	58,89	30,1	1.773,00	9,4
Mão-de-obra	h	2,20	127	279,5	1,5
Água	m ³	2,37	15,7	37,1	0,2
Óleo lubrificante	L	37,28	0,6	22,7	0,1
Subtotal	MJ			18.819,00	100

A Tabela 4 apresenta a infraestrutura e o fluxo de material nos insumos depreciados, utilizados indiretamente na montagem, para uma unidade de colhedora. Não há diferença nesse fluxo de material para as máquinas, pois ambas utilizam da mesma infraestrutura e tempo de ciclo de montagem para serem fabricadas. A alvenaria representou 0,2 m² por unidade de colhedora. Esse valor reflete a quantidade de área consumida por unidade de colhedora. Oportunamente foram estratificados os principais materiais utilizados na fabricação dos equipamentos de informática, tendo com fonte de dados a Microelectronics and Computer Technology Corporation (1996) e Itautec (2010). Com a estratificação desses materiais e conhecendo a sua quantidade, foi possível calcular através do parque de equipamentos de informática da montadora de colhedoras, a respectiva massa (kg) de cada material estratificado por unidade de colhedora produzida (item 5 da Tabela 4). A vida útil dos insumos Tabela 4 está referenciada na Tabela 1, e o tempo de uso (h) se refere ao tempo de participação desses insumos durante o ciclo de fabricação de uma colhedora.

Tabela 4. Infraestrutura e fluxo de material depreciado

Entrada	Unidade	Quantidade (unidade)	Vida útil (h)	Tempo uso (h)	Fluxo de material (unidade colhedora ⁻¹)
1. Prédio (construção)					
Alvenaria	m ²	16.308,9	216.000	2,08	0,2
2. Máquinas e equipamentos					
Aço	kg	3.174,2	86.400	2,08	0,1
3. Ferramentas manuais					
Aço	kg	128,5	86.400	2,08	0,0
4. Instrumentos de medição					
Aço	kg	54,5	86.400	2,08	0,0
5. Equipamentos de informática					
Sílica	kg	289,8	43.200	2,08	0,0
Polipropileno	kg	284,4	43.200	2,08	0,0
Aço	kg	235,2	43.200	2,08	0,0
Alumínio	kg	176,3	43.200	2,08	0,0
Cobre	kg	87,6	43.200	2,08	0,0
Chumbo	kg	75,0	43.200	2,08	0,0
Zinco	kg	26,1	43.200	2,08	0,0

Valores 0,0 ≥ 0,01

A Tabela 5 apresenta a energia incorporada para os insumos depreciados na montagem, para uma unidade de colhedora. A maior quantidade de energia incorporada é atribuída à alvenaria, com 550,3 MJ (98,4%) seguido pelo aço, que está incorporado nas máquinas e equipamentos utilizados no processo de fabricação da colhedora 3,9 MJ (0,7%). O alumínio proveniente dos equipamentos de informática resultou em 2,0 MJ (0,4%).

Tabela 5. Energia incorporada nos insumos depreciados

Entrada	Unidade	Índice energia incorporada MJ unidade ⁻¹	Máquinas 1 e 2		
			Quantidade	Energia incorporada nos insumos MJ	% Subtotal
Alvenaria	m ²	3500	0,2	550,3	98,4
Aço ¹	kg	51,52	0,1	3,9	0,7
Alumínio ²	kg	231	0,0	2,0	0,4
Polipropileno ²	kg	110,16	0,0	1,5	0,3
Cobre ²	kg	140	0,0	0,6	0,1
Aço ²	kg	51,52	0,0	0,6	0,1
Aço ³	kg	51,52	0,0	0,2	0,0
Aço ⁴	kg	51,52	0,0	0,1	0,0
Zinco ²	kg	56,63	0,0	0,1	0,0
Chumbo ²	kg	17,31	0,0	0,1	0,0
Sílica ²	kg	0,79	0,0	0,0	0,0
Subtotal	MJ			559,3	100,0

¹ Máquinas e equipamentos;

² Equipamentos de informática;

³ Ferramentas manuais;

⁴ Instrumentos de medição;

Valores 0,0 ≥ 0,01

A Tabela 6 apresenta a energia incorporada total para os insumos comuns e depreciados, utilizados indiretamente na montagem das máquinas. Os insumos comuns obtiveram o maior consumo de energia incorporada 97,1% do total.

Tabela 6. Energia incorporada indiretamente nas máquinas

Entrada	Máquinas 1 e 2	
	Quantidade MJ	% Total
Insumos comuns	18.819,00	97,1
Insumos depreciados	559,3	2,9
Total	19.378,30	100,0

Como relatado por Boustead e Hancock (1979), a análise de energia indireta, pode mostrar com detalhe a operação da fábrica e dar ao gerente industrial, subsídios para melhoria do desempenho da fábrica e redução no consumo energia. Ainda os autores recomendam para os gerentes industriais, aperfeiçoem o uso de operários e máquinas de forma que o desempenho seja primeiramente monitorado para verificar os aspectos de operação, com isso garantirá a eficiência de energia nas operações.

4 Conclusão

Diante a pouca participação, em sistemas de produção industriais, pode ser desconsiderada a energia incorporada na mão-de-obra (insumos comuns) e na infraestrutura (insumos depreciados). Em termos de consumo de energia incorporada, a eletricidade representou o maior consumo, seguido pelo gás liquefeito de petróleo, na fase de montagem das colhedoras de cana-de-açúcar.

Referências

Abubakar, M.; Umar, 2006. Comparison of energy use patterns in Maiduguri and Yoke flour mills Nigeria. The CIGR Journal of Scientific Research and Development, Agricultural Engineering International, 16 p.

Boustead, I.; Hancock, G. F., 1979. Handbook of industrial energy analysis. Ellis Horwood Publishers England 422 p.

Bridges, T. C., Smith E. M., 1979. A method for determining the total energy input for agricultural practices. Transactions of the ASAE, Michigan, v.22, p. 781-784.

Hinrichs, R.A.; Kleinbach, M., 2009. Energia e meio ambiente. 3. ed. Tradução [tradução técnica Vichi, F.M.; Mello L.F.]. São Paulo: Cengage Learning, 543 p.

Itautec 2010. O computador por dentro. <http://www.itautech.com.br> acessado em Julho/ 2010.

Macedônio, A. C.; Picchioni, S. A., 1985. Metodologia para cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária. Curitiba, PR: Secretaria de Estado da Agricultura, Depto, de Economia Rural, 95 p.

Manzini, E.; Vezzoli, C., 2002. O desenvolvimento de produtos sustentáveis. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 368 p.

Microelectronics and Computer Technology Corporation, 1996. Electronics Industry Environmental Roadmap. Austin, TX: MCC.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009. Anuário estatístico da agroenergia. Brasília, 160 p.

Ministério da Fazenda 1998. Instrução Normativa SRF n. 162 de 31 de dezembro de 1998. Brasília. <http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/ins/Ant2001/1998/in16298.htm> acessado em Julho/ 2010.

Ministério de Minas e Energia 2009. Balanço energético nacional. Brasília, 274 p.

Romanelli, T. L.; Cohen, M. J.; Milan, M.; Brown, M. T., 2008. Energy Synthesis of Intensive Eucalyptus Cultivation in São Paulo, Brazil. Forest Science. v.54, p. 228-241.

Romanelli, T. L., 2009a. Sustentabilidade energética da cana-de-açúcar In: Ripoli, T. C. C.; Ripoli, M. L. C. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. 2 ed. Piracicaba: Autores, v.1, p. 304-312.

Serra, G. E.; Heezen, A. M.; Moreira, J. R.; Goldemberg, J., 1979. Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas. Brasília: Secretaria de Tecnologia Industrial, 86 p.

Siqueira, R.; Gamero, C. A.; Boller, W., 1999. Balanço de energia na implantação e manejo de plantas de cobertura do solo. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.19, n.1, p. 80-89.

Stodolsky, F.; Vyas, A.; Cuenca, R.; Gaines, L., 1995. Life cycle energy savings potential from aluminum-intensive vehicles. Total Life Cycle Conference & Exposition. Available in:

<http://www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/106.pdf> acessado em Julho/2010.

Tavares, S. F., 2006. Análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Universidade Federal de Santa Catarina.

Umar, B., 2003. Comparison of manual and manual-cum-mechanical energy uses in groundnut production in a semi-arid environment, The CIGR Journal of Scientific Research and Development, Agricultural Engineering International, 11 p.