

## **Uso do microondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas: Avaliação econômica, social e ambiental**

Recebimento dos originais: 27/10/2007  
Aceitação para publicação: 07/08/2008

### **Marcela de Mello Brandão Vinholis**

Mestre em Engenharia de Produção Agroindustrial pela UFSCar  
Instituição: Embrapa Pecuária Sudeste  
Endereço: Rod. Washington Luiz Km 234 São Carlos/SP.  
CEP: 13560-970  
E-mail: [marcela.vinholis@cnpq.br](mailto:marcela.vinholis@cnpq.br)

### **Gilberto Batista de Souza**

Doutor em Química pela USP  
Instituição: Embrapa Pecuária Sudeste  
Endereço: Rod. Washington Luiz Km 234 São Carlos/SP.  
CEP: 13560-970  
E-mail: [gilberto@cnpq.br](mailto:gilberto@cnpq.br)

### **Ana Rita de Araújo Nogueira**

Doutora em Química pela USP  
Instituição: Embrapa Pecuária Sudeste  
Endereço: Rod. Washington Luiz Km 234 São Carlos/SP.  
CEP: 13560-970  
E-mail: [anarita@cnpq.br](mailto:anarita@cnpq.br)

### **Odo Primavesi**

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela USP  
Instituição: Embrapa Pecuária Sudeste  
Endereço: Rod. Washington Luiz Km 234 São Carlos/SP.  
CEP: 13560-970  
E-mail: [odo@cnpq.br](mailto:odo@cnpq.br)

## **Resumo**

O controle da qualidade de forrageiras e da alimentação animal é estratégico para garantir o sucesso da atividade produtiva das cadeias da carne e do leite bovino. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto econômico, social e ambiental do uso do microondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas. A presente tecnologia é um método alternativo ao método convencional de secagem de amostras de solo e de planta em estufas. Os resultados da avaliação em laboratórios indicam redução no custo da análise da amostra em 69%, quando utilizado o procedimento alternativo, bem como impactos sociais e ambientais positivos. Em propriedades rurais leiteiras os benefícios verificados foram rapidez de fornecimento de resultados para os sistemas de produção e a possibilidade de se compor dieta mais adequada para os animais. A silagem fornecida em níveis ideais de matéria seca (35%), foi capaz de elevar em 9,2% a produção de leite por animal/dia, obtendo ao final um ganho líquido unitário de R\$1,06.

**Palavras-chaves:** controle da qualidade, alimentação animal, custos.

**Custos e @gronegocio on line** - v. 4, n. 2 - Mai/Ago - 2008.  
[www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

ISSN 1808-2882

## 1. Introdução

A gestão de sistemas de produção intensivos requer controle rigoroso da qualidade dos insumos utilizados, como alimentos e água, para garantirem a lucratividade do negócio. Neste sentido, a presente tecnologia é utilizada no controle da qualidade de forrageiras e da alimentação animal em sistemas de produção de carne e de leite bovino. O impacto direto da tecnologia ocorre em laboratórios de análise de solo e de planta, institutos de pesquisa, universidades, e pecuaristas e agricultores que utilizam técnicas de irrigação e conservação do solo, manejo e ensilagem de forrageiras e ração formulada.

Trata-se de uma técnica alternativa ao método convencional de secagem de amostras de solo e de planta. O método convencional utiliza estufa de secagem como equipamento, e que demanda de 12 até 72 horas para completar o teste. Já o método alternativo utiliza o forno de microondas doméstico como equipamento, e demanda de 10 a 14 minutos para secar solo ou planta, respectivamente.

De acordo com Souza et al. (2002) e Santos et al. (2004), o fornecimento de dados relacionados ao teor de matéria seca ou de umidade deve ser rápido e confiável, pois a partir dessas informações algumas ações são tomadas. Como exemplo, essa informação é importante para verificar se há ou não necessidade de dar continuidade à adição de água de irrigação em determinada cultura. Outra aplicação do método é a determinação do teor de água de amostras de plantas para silagem e a melhor época de colheita. Aplica-se também à verificação ou à aferição do teor de matéria seca de uma ração formulada e à avaliação de massa de forragem no pasto.

Esta técnica tem como benefício direto a redução do tempo de análise e do gasto de energia. Também verifica-se como benefício da tecnologia a facilidade de adoção pelo homem do campo pelo fato de se utilizar forno de microondas doméstico. Este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto econômico, social e ambiental da difusão e adoção da tecnologia em propriedades rurais e laboratórios de controle da qualidade.

## 2. Metodologia

Para a avaliação do impacto econômico, social e ambiental em laboratórios foi comparada a situação de uso do método convencional para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas em estufas de secagem com o método em microondas doméstico. Para a avaliação em propriedades rurais foi comparada a situação de inspeção visual no campo para determinação do ponto de colheita e ensilagem de milho com a determinação do ponto ideal de colheita e ensilagem utilizando o microondas doméstico. Este trabalho seguiu metodologia proposta por Ávila (2001), cujo objetivo é a avaliação *ex post* dos impactos econômico de tecnologias geradas ou adaptadas, transferidas e adotadas por segmentos de cadeias produtivas do agronegócio brasileiro.

Na análise econômica do uso da técnica em laboratórios foram considerados os custos totais do teste laboratorial (custo total médio - CTMe) nas duas situações mencionadas (método em estufa de secagem e método do microondas doméstico). Os benefícios econômicos foram calculados considerando os preços de mercado em fevereiro de 2007. Na composição dos custos considerou-se o custo do material de uso e consumo, custos de depreciação de instalações e equipamentos, custos de energia e custos de mão-de-obra. Para efeito do cálculo de depreciação utilizou-se o método linear conforme descrito por Noronha (1987) e dez anos de vida útil para os equipamentos. O valor atribuído dos equipamentos foi considerado proporcionalmente ao tempo utilizado para este teste, quando o equipamento aplica-se também à outras análises laboratoriais. Utilizou-se o critério de juros reais de 6% para remuneração do capital fixo, considerando o tempo proporcional de uso para o teste avaliado. Não foi considerada na análise o valor da edificação do laboratório, pois este espaço também é utilizado para outros testes e usos alternativos.

Na análise econômica do uso da técnica em propriedades rurais foram considerados os custos envolvidos na alimentação animal (silagem de milho e concentrado) e rendimento na produção de leite (L/animal/dia) na situação em que o milho foi colhido e ensilado com base na análise visual (25% de matéria seca) e na situação em que o milho foi colhido e ensilado utilizando o microondas doméstico para determinar o ponto ideal (35% de matéria seca). Os benefícios econômicos foram calculados considerando os preços de mercado. Na composição dos custos do concentrado e da silagem considerou-se os custos de insumos, operações mecanizadas e mão-de-obra envolvidos nas etapas de preparo de solo, plantio e tratos

culturais e ensilagem. No custo de aluguel do silo trincheira, considerou-se vinte anos de vida útil e taxa de juros anual de 6% para remuneração do capital investido.

Os dados para definição dos coeficientes técnicos utilizados na elaboração da planilha de cálculo dos custos de ambos os métodos foram obtidos junto à laboratório de análise de forrageiras e de alimento animal e pecuaristas adotantes da tecnologia na propriedade rural.

A avaliação do impacto social e ambiental foi realizada com base em um conjunto de planilhas eletrônicas (em plataforma MS-Excel<sup>®</sup>) nomeadas "Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica para a produção animal – AMBITEC Produção Animal" e "Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica - Dimensão Social – AMBITEC social", que integram indicadores sociais e ambientais da contribuição de uma dada tecnologia agropecuária para o bem-estar social e ambiental no estabelecimento e na propriedade rural.

O Sistema de Avaliação de Impacto Social da Inovação Tecnológica Agropecuária (Ambitec-Social) integra quatorze indicadores agrupados em quatro aspectos essenciais: i. Emprego, ii. Renda, iii. Saúde, e iv. Gestão e Administração (RODRIGUES *et al.*, 2005). Estes indicadores são formados por 79 componentes e são construídos em matrizes de ponderação nas quais dados obtidos em campo, de acordo com o conhecimento do produtor/administrador do estabelecimento, são automaticamente transformados em índices de impacto. Os fatores de ponderação referem-se à importância do componente para a formação do indicador e à escala geográfica de ocorrência da alteração do componente (explicita o espaço geográfico no qual se processa a alteração no componente do indicador: pontual, local ou no entorno).

O procedimento de avaliação consiste em solicitar ao adotante da tecnologia que indique a direção (grande aumento no componente +3 (>75%), aumento moderado no componente +1 (25 a 75%), componente inalterado 0 (até 25%), diminuição moderada no componente -1 e grande diminuição no componente -3) dos coeficientes de alteração dos componentes para cada indicador, em razão específica da aplicação da tecnologia à atividade e nas condições de manejo particulares à sua situação.

Os indicadores são considerados em seu conjunto, para composição do *Índice de Impacto Social da Inovação Tecnológica Agropecuária*. Com esse conjunto de fatores de ponderação, a escala padronizada no "Sistema Ambitec-Social" varia entre -15 e +15, normalizada para todos os indicadores individualmente e para o Índice Geral de Impacto Social da Tecnologia.

A avaliação do impacto ambiental foi realizada com base nos conjuntos de planilhas eletrônicas (em plataforma MS-Excel<sup>®</sup>) nomeados "Sistema de avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica para a produção animal, AMBITEC–Produção Animal" e "Sistema de avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica na agroindústria, AMBITEC–Agroindústria".

O AMBITEC Produção Animal integra onze indicadores agrupados em cinco aspectos essenciais de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental na produção animal, quais sejam: 1) eficiência tecnológica, 2) conservação ambiental (atmosfera, água e solo), 3) recuperação ambiental, 4) bem-estar e saúde animal e 5) qualidade do produto (RODRIGUES *et al.*, 2000, 2002). Cada um destes aspectos é composto por um conjunto de indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas, nas quais os 52 componentes dos indicadores são valorados com coeficientes de alteração, conforme conhecimento pessoal do adotante da tecnologia. O usuário da tecnologia deverá indicar um coeficiente de alteração do componente (grande aumento no componente +3, aumento moderado no componente +1, componente inalterado 0, diminuição moderada no componente -1 e grande diminuição no componente -3), em razão específica da aplicação da tecnologia à atividade e nas condições de trabalho particulares à sua situação, compondo assim cada usuário uma unidade amostral de impacto ambiental da tecnologia.

As matrizes são elaboradas de forma a ponderar automaticamente os dados referentes aos indicadores, e expressar graficamente o índice de impacto resultante. O valor médio de Utilidade para os indicadores expressa o índice de impacto ambiental da atividade rural. O valor preconizado para a linha de base de Utilidade dos indicadores é igual a 0,70, correspondente a um efeito que implica estabilidade no desempenho ambiental da atividade em relação ao indicador (RODRIGUES *et al.*, 2000, 2002, 2003).

O AMBITEC–Agroindústria considera oito indicadores agrupados em quatro aspectos de contribuição de uma dada inovação tecnológica para melhoria ambiental na produção animal, quais sejam: 1) eficiência tecnológica (uso de insumos químicos e materiais, uso de energia e uso de recursos naturais), 2) conservação ambiental (atmosfera, geração de resíduos e qualidade da água), 3) qualidade do produto e 4) capital social (RODRIGUES *et al.*, 2002, 2003). Cada um desses aspectos é composto por um conjunto de indicadores organizados em matrizes de ponderação automatizadas, nas quais os 36 componentes dos indicadores são valorados com coeficientes de alteração similar ao AMBITEC–Produção Animal.

### **3. Resultados e discussão**

#### **3.1. Análise dos impactos econômicos**

##### **3.1.1. Laboratórios de controle da qualidade**

Quando a técnica adaptada é utilizada em laboratórios de controle da qualidade, tem-se efeito direto no custo da análise, em função da redução de gastos com energia, aumento do rendimento das análises e otimização da mão-de-obra qualificada. A nova proposta possibilita a análise da amostra em 15 minutos, com capacidade para 6 amostras/lote em condições de laboratório e 4 amostras/lote em condições de estabelecimento rural, enquanto com o método convencional processa-se em torno de 10 h a 105°C ou 48 h a 65°C.

O custo total médio da análise foi reduzido em 61%, passando de R\$7,72/amostra no método com estufa de secagem para R\$3,00/amostra no microondas doméstico. O aumento do rendimento e a alteração do equipamento utilizado (de estufa de secagem para microondas doméstico) permitiu que o custo de energia, manutenção e calibração de equipamento que representava 6% do custo total no método convencional ficasse em 1% no método alternativo (Tabela 1).

Despesas com mão-de-obra foram significativamente reduzidas em função do aumento de rendimento na operação. Este custo que antes representava 73% do custo total passou para 47% com o uso do microondas. Custo de depreciação de equipamentos, embora muito pouco significativo no total (0,6%), também apresentou redução no valor.

Despesas com materiais de uso e consumo (reagentes, vidraria, etc) foram semelhantes em ambos os métodos, no entanto, como o custo total médio foi reduzido, este item que antes representava 20% passou a representar 52% do custo total.

**Tabela 1.** Custo médio da análise laboratorial para determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas.

Custo	Laboratório (R\$/amostra)	
	Método estufa	Método microondas
Material de uso e consumo	1,56	1,56
Mão-de-obra	5,63	1,41
Depreciação equipamento	0,04	0,01
Outros (energia, ICMS, manutenção e calibração equipamento)	0,48	0,03
<b>Total</b>	<b>7,72</b>	<b>3,00</b>

Fonte: elaborado pelos autores.

### 3.1.2. Propriedade rural

Analisou-se também o impacto sobre o preparo de silagem para alimentação animal com qualidade, a fim de tornar o sistema de produção mais eficiente e competitivo. Nesta análise, verificou-se aumento de rendimento em uma propriedade leiteira que trabalhava com 25% de teor de matéria seca (MS) na silagem de milho e passou a trabalhar com teor de MS de 35% após a aferição da massa por meio da tecnologia de detecção de MS em microondas.

A determinação do momento correto da colheita de milho para a produção de silagem tem sido responsável por grande parte dos insucessos nesse processo. É comum encontrar silagens de milho, cujas plantas foram colhidas no ponto de “pamonha”, com grãos no estágio leitoso-pastoso, com 25% a 27% de MS. Esse material, em virtude da alta umidade, possui grau de fermentação não desejável, caracterizado por baixo consumo pelos animais e por presença de efluente no silo. Normalmente, nesse ponto de umidade, se as plantas foram submetidas a subnutrição de nitrogênio e de potássio, elas começam a apresentar os pares de folhas basais senescentes, causando a falsa impressão de aumento repentino no teor de MS.

O produtor que não dispõe de recursos e de tecnologia para identificação do teor de matéria seca da planta é levado a iniciar o corte prematuramente. No caso do milho, o momento ideal de corte acontece quando as plantas apresentam de 33% a 37% de MS, o que deverá ocorrer no ponto em que os grãos estiverem no estágio farináceo duro, começando a apresentar conformação dentada. As vantagens do corte da planta nesse estágio são as seguintes: a) aumento significativo na produção de MS por área; b) decréscimo de perdas no armazenamento, principalmente pela diminuição do efluente ou lixívia; c) aumento

significativo no consumo voluntário da silagem; e d) redução de descarte de material inadequado para consumo, resultante de bolores ou outro tipo de deterioração. Em função desses fatores, torna-se importante dispor de método de determinação de MS por microondas doméstico, que é preciso, prático e de fácil utilização, quando comparado com o método tradicional de secagem em estufa.

Experimento realizado nos Estados Unidos mostrou que vacas leiteiras que consumiram silagens com 25%, 30% e 35% de MS apresentaram respectivamente consumo voluntário de 1,95%, 2,13% e 2,31% do peso vivo em MS das silagens, com correspondente aumento da produção de leite e sem alteração na conversão alimentar (HUBER *et al.*, 1965). Com base nesses dados, inferiu-se que a determinação da MS de modo rápido e com custo baixo pode contribuir para melhorar os índices de produção animal.

A análise econômica foi realizada considerando que, sem o controle efetivo do ponto de ensilagem, muitos trabalhavam na faixa de 25% de MS, enquanto com o controle na própria fazenda, pelo método de microondas doméstico, a ensilagem é realizada mais próxima do ideal, em torno de 35% de MS. No cálculo do custo da silagem utilizou-se a produtividade de 12 t de MS/ha (NUSSIO, 1991) e perda de 5% no silo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Custo da silagem de milho.

<b>Componente do custo</b>	<b>unidade</b>	<b>25% Matéria Seca</b>	<b>35% Matéria Seca</b>
Insumos	R\$/ha	824,78	824,78
Preparo do solo	R\$/ha	223,09	223,09
Plantio e tratos culturais	R\$/ha	185,04	185,04
Ensilagem	R\$/ha	394,00	333,58
Aluguel silo trincheira	R\$/ha	393,72	278,88
<b>Sub total</b>	<b>R\$/ha</b>	<b>2.020,63</b>	<b>1.845,37</b>
Produção matéria original	t	48	34
Perdas no silo	%	5	5
Produção de silagem útil	t	45,6	32,3
<b>Total</b>	<b>R\$/t</b>	<b>44,31</b>	<b>57,13</b>

Fonte: elaborado pelos autores.

O custo da silagem mostrou-se menor na situação de 25% de MS em função da maior produção de matéria original (48 t/ha), quando comparada à 35% de MS (34 t/ha de matéria original). Esta diminuição de produção de matéria original levou a uma redução no custo de transporte e de compactação de 23%, passando de R\$261,81/ha quando com 25% de MS para 201,39/ha quando com 35% de MS.

No entanto, no custo total, a produção maior de matéria original da silagem com 25% MS contribuiu para reduzir significativamente o custo da silagem por tonelada. Contrabalançando este custo adicional na produção da silagem de milho, o rendimento anterior das vacas leiteiras alimentadas com silagem feita com plantas que continham 25% de MS ficou em 25,91 litros de leite/animal/dia, enquanto no rendimento das vacas alimentadas com silagem de 35% de MS a produção foi de 28,3 litros de leite/animal/dia. Com base no preço unitário do leite (R\$ 0,51/litro de leite – média mês de janeiro de 2007 para o estado de São Paulo, CEPEA) e no custo adicional de R\$ 0,16/animal/dia, o ganho unitário foi de R\$ 1,06 (Tabela 3).

**Tabela 3.** Ganho líquido unitário no uso do microondas para aferição de MS da silagem.

	25% Matéria Seca			35% Matéria Seca		
	Custo (R\$/kg)	Consumo (kg)	Total (R\$)	Custo (R\$/kg)	Consumo (kg)	Total (R\$)
<b>Custo alimentação</b>						
Concentrado*	0,48	7	3,36	0,48	7	3,36
Silagem de milho	0,044	8,01	0,35	0,057	9	0,51
<b>Total</b>			<b>3,71</b>			<b>3,87</b>
<b>Custo adicional</b>						<b>0,16 (A)</b>
<b>Produção</b> (litros de leite/dia/animal)			<b>25,91 (B)</b>			<b>28,3 (C)</b>
<b>Preço</b> (R\$/litro de leite)						<b>0,51 (D)</b>
<b>Ganho unitário</b> (R\$)	<b>[(C-B)x(D-A)]</b>					<b>1,06</b>

Fonte: elaborado pelos autores.

\* Concentrado: milho, farelo soja, uréia, bicarbonato + sal mineral

Embora não tenha feito parte da análise deste trabalho, a técnica está sendo utilizada no manejo da irrigação e conservação do solo como um instrumento auxiliar na determinação da umidade do solo (RASSINI, 2002). A determinação da umidade em intervalos regulares de tempo associada à medição das entradas de água (chuva ou irrigação) e das saídas (evaporação de água) permite otimizar o fornecimento de água para as culturas agrícolas e de forrageiras, e reduzir desperdícios de água e de energia. Na conservação do solo, o forno de microondas pode ser utilizado para determinar a densidade do solo, com a finalidade de verificar o grau de compactação e a necessidade de práticas conservacionistas de descompactação.

Este uso têm sido recomendado aos produtores vinculados ao Programa de Transferência de Tecnologias para Produtores Familiares de Leite por meio de Capacitação de Extensionistas Rurais, no Estado de São Paulo – Projeto Balde Cheio, conduzido pela Embrapa Pecuária Sudeste.

### 3.2. Análise dos impactos sociais

O índice geral de impacto social da tecnologia para os usuários da tecnologia em laboratórios foi de 0,51, em uma escala que varia de 15 a -15. Na avaliação do segmento de produção rural, a amostra foi dividida em dois grupos: tipo 1, representado pelos pequenos produtores e, tipo 2, representado pelos médios/grandes produtores. O índice geral para o Grupo tipo 1 foi de 0,91 e para o Grupo tipo 2 foi de 0,87. Os indicadores de maior relevância nos estabelecimentos rurais, por ordem decrescente de coeficiente de impacto, foram: *geração de renda, capacitação, qualidade do emprego, dedicação do responsável e relacionamento institucional* (Tabela 4).

Na análise do aspecto emprego, o indicador *capacitação* dos funcionários do laboratório foi influenciado positivamente em função do treinamento rápido necessário para passar o conhecimento e re-adequar o procedimento do novo método (coeficiente de impacto 1,3). A otimização do tempo de trabalho da mão-de-obra qualificada nos laboratórios de ensino e de pesquisa permitiu que esta mão-de-obra pudesse ser utilizada em outros projetos. Já no segmento de produção, a formação dos pecuaristas do grupo tipo 2 foi relevante para a aplicação da técnica. Todos possuíam nível superior, um com especialização em gestão de agronegócios e outro com pós-doutoramento na área animal. Dessa forma, o impacto no aspecto “emprego” para esse grupo deu-se sobre o indicador *capacitação de pequena duração* apenas para tomar conhecimento da técnica (coeficiente de impacto 3,8). Eles próprios desempenhavam a função de fazer a aferição da matéria seca em microondas, não havendo acréscimo de postos de trabalho, mas sim maior tempo dedicado do pecuarista. O que dará impacto em outros indicadores do aspecto gestão e administração. Já no grupo tipo 1, houve necessidade de auxílio de assistência técnica para aplicação do método. Verificou-se também o estímulo à capacitação de nível técnico, além do treinamento de curta duração (coeficiente de impacto 1,8), daí o resultado positivo no indicador *qualidade do emprego* (coeficiente de impacto 1,3).

**Tabela 4.** Coeficientes de impacto social.

Indicadores de impacto social	Coeficiente de impacto		
	Laboratório	Pecuaristas	
		Grupo 1	Grupo 2
Capacitação	1,3	1,8	3,8
Oportunidade de emprego qualificado	0	0,1	0
Oferta de emprego e condição trabalhador	0	0	0
Qualidade do emprego	0	1,3	0
Geração de renda	1,3	8,8	6,3
Diversidade de fontes de renda	3	0	0
Valor da propriedade/estabelecimento	2,3	0	0
Saúde ambiental e pessoal	0	0,2	0,2
Segurança e saúde ocupacional	0,3	0	0
Segurança alimentar	0	0	0
Dedicação e perfil do responsável	0	1	1,8
Condição de comercialização	0,5	0	0
Disposição de resíduos	0	0	0
Relacionamento institucional	0	1	0
<b>Índice de impacto social da tecnologia</b>	<b>0,51</b>	<b>0,91</b>	<b>0,87</b>

Fonte: elaborado pelos autores.

Houve pequena melhoria do aspecto renda do estabelecimento. Nos laboratórios, observou-se melhoria na renda de forma geral (coeficiente de impacto 1,3), por reduzir o tempo de obtenção da análise e por flexibilizar a análise para vários usos (coeficiente de impacto 3,0 para o indicador *diversidade de fontes de renda*). Com isso, o estabelecimento pode realizar maior quantidade de análises para terceiros ou para a pesquisa. Em ambos os grupos avaliados de pecuaristas, o maior impacto da tecnologia deu-se no indicador *Geração de renda* (coeficiente de impacto 8,8 para pecuaristas do grupo tipo 1 e de 6,3 para o grupo tipo 2). Isto ocorreu em função da tecnologia permitir maior controle da qualidade e quantidade do alimento ofertado ao animal e permitir um ajuste mais preciso da lotação animal no pasto. Estes benefícios levam a um melhor planejamento da atividade e, conseqüentemente, maior *estabilidade e segurança* da renda, outro componente do indicador

influenciado positivamente. E, em alguns casos, com benefícios no componente *montante da renda*, pois minimizou perdas e desperdícios e reduziu custos. No Grupo tipo 1 o peso foi ainda maior, pelo fato de não existir o controle anterior da qualidade da forragem. No grupo tipo 2 havia o controle feito pelo método da estufa, mas em frequência de aplicação menor por causa da dificuldade de execução do teste na propriedade.

No aspecto saúde, o uso de um equipamento eletrodoméstico para a realização do teste em laboratório foi percebido como melhoria no indicador *segurança do trabalho* relacionado com calor ambiente e perigo de queimadura (coeficiente de impacto 0,3). Já o uso da técnica nas propriedades rurais teve pequeno impacto sobre este aspecto (coeficiente de impacto 0,2). Verificou-se apenas redução de emissão de poluentes hídricos resultante da silagem, quando realizada mais próxima do ponto ideal de colheita..

Por fim, no aspecto gestão e administração, o indicador *condição de comercialização* foi influenciado positivamente em laboratórios (coeficiente de impacto 0,5), por permitir maior oferta de análises, em razão da redução de custo e da rapidez na entrega de resultados. O uso nas propriedades rurais exigiu maior *dedicação do responsável* (coeficiente de impacto 1,0 para pecuaristas do grupo tipo 1 e 1,8 para grupo tipo 2) em ambos os grupos. No grupo dos pequenos produtores (tipo 1), pelo fato da necessidade da assistência técnica no início de implantação do controle pelo método do microondas, o indicador *relacionamento institucional* foi positivamente influenciado (coeficiente de impacto 1,0).

Os resultados da avaliação permitem, ao administrador, averiguar quais impactos da tecnologia podem estar desconformes com seus objetivos de bem estar social, ao tomador de decisões a indicação de medidas de fomento ou controle da adoção da tecnologia, segundo planos de desenvolvimento local sustentável e finalmente, proporcionam uma unidade de medida objetiva de impacto, auxiliando na qualificação, seleção e transferência de tecnologias agropecuárias (RODRIGUES *et al.*, 2005).

### 3.3. Análise dos impactos ambientais

Em vista das características da tecnologia, foram utilizadas as planilhas do AMBITEC Produção Animal e AMBITEC Agroindústria para complementar a avaliação dos impactos no ambiente de laboratório e propriedade rural.

A análise da tecnologia avaliada permitiu encontrar, na escala de +15 a -15, o *índice geral de impacto ambiental* de 0,06 para pecuaristas do Grupo tipo 1, 0,53 para pecuaristas do

Grupo tipo 2 e 0,74 para uso da tecnologia em laboratórios (Tabela 5). Na avaliação do aspecto de eficiência tecnológica, foram considerados o aspecto do impacto da tecnologia em laboratórios de controle da qualidade e também o aspecto do impacto dessa metodologia no sistema de produção intensivo, que é caracterizar a qualidade do alimento animal.

No indicador uso de *insumos químicos e materiais* no laboratório (coeficiente de impacto 1,0), deve ser destacado que se pode utilizar menor quantidade de amostra por análise, o que gera menos resíduos sólidos.

Com relação ao indicador *uso de energia* no laboratório (coeficiente de impacto 4,5), houve grande redução de consumo de eletricidade, quando se passou do acionamento de estufa com circulação forçada de ar ao forno de microondas, que prepara a amostra em menos tempo.

Com referência ao indicador *uso de insumos materiais* nas propriedades rurais (coeficiente de impacto 0,5 para pecuaristas do Grupo 2 e sem efeito para pecuaristas do Grupo 1), em razão da melhor qualidade da silagem e da ração, que pode ser alcançada com o auxílio da tecnologia, ocorrerá menos desperdício, por causa de inutilização de volumoso por bolores e fermentações indesejáveis, e maior eficiência de aproveitamento dos insumos empregados na produção e do alimento. Esse indicador tem sua origem já no campo de produção de milho destinado à confecção de silagem, porque, se as plantas forem cortadas antes do ponto certo de maturação e de umidade, poderá haver fermentação indesejável, além de grandes perdas no valor nutritivo do material. Se a forragem for colhida muito seca, haverá dificuldade na sua compactação e desenvolvimento de fungos, que reduzem a qualidade do alimento.

No indicador *uso de energia* (coeficiente de impacto 2 para pecuaristas do Grupo 2 e sem efeito para pecuaristas do Grupo 1), constatou-se uso mais eficiente de óleo *diesel* para tratores, de um lado no transporte do campo para o silo do tipo trincheira e do outro, na intensidade de uso da máquina para compactar as plantas de milho picadas. Quando o material colhido for muito úmido, a quantidade transportada de matéria seca será menor, e se o material for muito seco, o problema será a densidade do volume transportado, sendo também menor a massa de matéria seca transportada. No preparo da silagem, o uso de material excessivamente seco exige maior número de passagens do trator para a compactação do material vegetal.

A redução no uso do *recurso natural* solo (coeficiente de impacto 0,5 para pecuaristas do Grupo 2 e 0,3 para pecuaristas do Grupo 1) para plantio de milho decorre do fato de que,

se o material for colhido com umidade adequada, haverá decréscimo nas perdas durante a ensilagem e no uso da silagem. Isso possibilitará plantio de área relativamente menor para garantir volumoso de qualidade, em quantidade suficiente para os animais no período da seca. Bem como requererá menos área para disposição de resíduos, por exemplo, de descarte de silagem de má qualidade ou deteriorada.

Outro dado considerado em recurso natural, é a redução na água de irrigação para produção de forragem quando houver controle da umidade do solo. No aspecto conservação ambiental, o resultado gerado pela planilha AAI, numa escala de -15 a 15, mostrou um coeficiente de impacto de 0,1 para atmosfera e de 0,3 para geração de resíduos.

Com respeito ao indicador conservação da *atmosfera* laboratorial (coeficiente de impacto 0,1), foi avaliada a redução de emissão de odores durante o processo de secagem de amostras, porque a quantidade de amostras é menor e o processo é mais rápido. Quanto ao indicador *geração de resíduos* das amostras analisadas em laboratórios (coeficiente de impacto 0,3), ocorreu redução intensa, e menor necessidade lançada em corpos de água ou guardadas para posterior tratamento e disposição.

No âmbito agropecuário, o indicador conservação de *atmosfera* (coeficiente de impacto 0,5 para pecuaristas do Grupo 2 e sem efeito para pecuaristas do Grupo 1), uma vez que a tecnologia possibilita obter alimento de melhor qualidade, permite concluir que ocorrerá menor produção de metano ruminal (gás de efeito estufa) por quilograma de produto (leite), por causa da maior digestibilidade e do menor tempo de permanência do alimento no rúmen. Entretanto, por um lado, se a forragem ensilada for muito úmida, essa condição propicia o desenvolvimento de bactérias que geram odor enjoativo, semelhante ao de manteiga rançosa, em razão da produção de ácido butírico. Por outro lado, se for ensilado muito seco, o material pode ser colonizado por fungos que emitem odores do tipo bolor.

No que se refere à *qualidade do solo* (coeficiente de impacto 2 para pecuaristas do Grupo 2 e sem efeito para pecuaristas do Grupo 1), a utilização de material muito úmido pode resultar fluxo grande de lixívia nociva gerada durante a estabilização biológica do material vegetal, contaminando o solo. Quando essa lixívia cair em corpo de água ou alcançar o lençol freático, pode aumentar a demanda bioquímica de oxigênio, ou contaminação de água para consumo.

O indicador *recuperação ambiental* não se aplica nas condições avaliadas, porém, pode ocorrer redução de área agrícola, destinando-se o excedente para práticas de recuperação

da cobertura arbórea vaporizadora, na forma de sombras, quebra-ventos, adicionais de reservas legais ou mesmo de matas ciliares.

Da mesma forma, não se aplica o indicador *bem-estar animal*, no entanto, com a utilização de alimentação correta, ocorrerá melhor atendimento das exigências nutricionais dos animais, o que pode resultar no melhor bem-estar, em especial quando forem animais com elevada capacidade de produção.

No aspecto qualidade do produto na propriedade rural (coeficiente de impacto 0,4 para ambos os grupos de pecuaristas), avaliou-se a influência da tecnologia na qualidade do produto intermediário no processo, que é o alimento animal, no caso, silagem de milho. A qualidade de produto final (leite), não foi afetada.

Em razão do melhor controle no teor de água da planta forrageira (milho ou sorgo), o que permite a compactação adequada do material no silo, há redução no perigo de desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, diminuição nas perdas durante a ensilagem e decréscimo no descarte da silagem; além disso, há maior eficiência alimentar e melhor saúde dos animais.

**Tabela 5.** Coeficientes de impacto ambiental.

Indicadores de impacto ambiental	Coeficiente de impacto Pecuarista		Indicadores de impacto ambiental	Coeficiente de impacto
	Grupo 1	Grupo 2		Laboratório
Uso de Insumos Materiais	0	0,5	Materiais	1
Uso de Energia	0	2	Uso de Energia	4,5
Uso de Recursos Naturais	0,3	0,5	Uso de Recursos Naturais	0
Atmosfera	0	0,5	Atmosfera	0,1
Qualidade do Solo	0	2	Geração de Resíduos	0,3
Qualidade da Água	0	0	Qualidade da Água	não se aplica
Biodiversidade	não se aplica		Qualidade do Produto	não se aplica
Recuperação Ambiental	não se aplica		Capital Social	não se aplica
Bem-estar Animal sob Pastejo	não se aplica		<b>Índice de impacto ambiental</b>	<b>0,74</b>
Confinamento	não se aplica			
Qualidade do Produto	0,4	0,35		
<b>Índice de impacto ambiental</b>	<b>0,06</b>	<b>0,53</b>		

Fonte: elaborado pelos autores.

Na análise de impacto ambiental da tecnologia, avaliada com as planilhas do Ambitec–Produção Animal gerou o índice geral de impacto ambiental é de 0,53. O Ambitec–Agroindústria, complementar relacionado aos laboratórios, encontrou índice geral **Custos e @gronegocio on line** - v. 4, n. 2 - Mai/Ago - 2008. ISSN 1808-2882  
[www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

de impacto ambiental de 0,74, na escala de +15 a -15, para a tecnologia disponibilizada, altamente positivo quando se considera que a técnica é utilizada em ambiente laboratorial de controle de qualidade, para tornar mais competitivo o sistema de produção intensivo de leite e de carne.

Realizando uma avaliação integrada dos impactos, os resultados mostram a viabilidade do uso da tecnologia para determinação de matéria seca em solos e em plantas com forno de microondas doméstico, pelo fato de aumentar o rendimento de trabalho e diminuir o custo das análises, sem afetar a qualidade dos resultados. A tecnologia também se viabiliza por ser aplicável a vários usos e de fácil utilização pelo produtor rural.

A tecnologia adotada teve seu maior impacto no aspecto econômico, em especial por apresentar caráter estratégico para os sistemas de produção, e mesmo para a cadeia produtiva, viabilizando o controle rotineiro da qualidade dos alimentos para animais, com vistas a reduzir custos de produção e tornar o sistema produtivo mais competitivo. Essa tecnologia, além do impacto econômico, também apresentou impacto social e ambiental positivo.

#### **4. Conclusões**

O método avaliado de uso de microondas para determinação do conteúdo de água em amostras de alimentos, plantas e solo permite agilizar o processo de controle da qualidade de recursos naturais e de insumos e otimizar atividades de alimentação e de irrigação em sistemas intensivos de produção agrícola.

O método avaliado, em comparação aos procedimentos de rotina, gera impacto positivo do ponto de vista econômico, social e ambiental nos sistemas de controle da qualidade e de produção.

#### **5. Referências**

ÁVILA, A. F. D. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa: metodologia de referência**. Brasília: Embrapa, 2001. 153 p.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Indicadores de preços**. Cepea, 2007. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.br>. Acesso em 26 de fevereiro de 2007.

HUBER, J. T.; GRAF, G. C.; ENGEL, R. W. Effect of maturity on nutritive value of corn silage for lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 48, p. 1121-1123, 1965.

NUSSIO, L. G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 59-168.

RASSINI, J. B. **Irrigação de pastagens**: frequência e quantidade de aplicação de água em latossolos de textura média. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. 7 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 31).

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. A.; IRIAS, L. J. M.; LIGO, M. A. V. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de desenvolvimento tecnológico agropecuário**. II. Avaliação da formulação de projetos, versão 1.0. Jaguariúna, SP: Funep; Embrapa Meio Ambiente, 2000. 28 p.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P & D. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 349-375, 2002.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; IRIAS, L. J. M.; RODRIGUES, I. **Sistema de avaliação de impacto social da inovação tecnológica agropecuária (Ambitec-Social)**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 31 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J.; QUEIROZ, J. F.; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; RODRIGUES, I.; BROMBAL, J. C.; TOLEDO, L. G. **Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do Novo Rural**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 44 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

SANTOS, P. M.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.; BALSALOBRE, M. A. A.  
**Determinação de teor de matéria seca na fazenda: método utilizando forno de  
microondas doméstico.** Beefpoint, 2004. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br>.  
Acesso em 15 de outubro de 2004.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.; RASSINI, J. B. **Determinação de matéria seca e  
umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico.** São Carlos: Embrapa  
Pecuária Sudeste, 2002. 9 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 33).