

REMOÇÃO MECÂNICA DE PLANTAS AQUÁTICAS: ANÁLISE ECONÔMICA E OPERACIONAL¹

Mechanical Removal of Aquatic Weeds: Operational and Economic Analysis

ANTUNIASSI, U.R.², VELINI, E.D.³ e MARTINS, D.³

RESUMO - A remoção de plantas aquáticas tem sido utilizada como opção ao controle químico e biológico, em razão de restrições ambientais em algumas regiões brasileiras. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo para análise econômica e operacional da remoção mecânica de plantas aquáticas, visando realizar estudo econômico comparativo com o controle químico. A operação foi estudada num reservatório de uma usina de bombeamento em Barra do Piraí-RJ. O sistema consiste de retroescavadeiras instaladas em balsas, usadas para cortar as plantas e liberá-las no fluxo de água. Antes da tomada d'água existe uma barreira flutuante que intercepta as plantas, as quais são removidas por um guindaste fixo nas margens. As plantas são armazenadas por algum tempo e depois descartadas. Existe, ainda, um sistema de limpeza das grades da tomada d'água. Dados do volume total de plantas descartadas foram coletados durante 14 meses, assim como foi avaliado o volume de biomassa produzido por área das principais espécies infestantes. A empreiteira que administra o serviço forneceu planilhas de custos e outro parâmetros operacionais. Um modelo foi desenvolvido para calcular custos por hectare de plantas removidas. Os resultados mostraram custo médio mensal de US\$ 17.780,28 por hectare. Apesar do alto custo, o sistema de remoção demonstrou capacidade de controlar apenas 4,1% da área infestada no reservatório, na época da coleta dos dados. Simulando dados de uma aplicação de glyphosate, o controle químico custaria apenas 0,23% do custo da remoção. Análises de sensibilidade mostraram que a compactação das plantas para transporte, o volume de plantas produzidas por área e o custo do transporte são os parâmetros principais para a otimização.

Palavras-chave: plantas aquáticas, remoção mecânica, custos.

ABSTRACT - Mechanical removal of aquatic weeds has been an option to biological and chemical control because of environmental restrictions in some places in Brazil. The objective of this study was to develop a model for economic and operational analysis of a mechanical removal system for aquatic weeds, aiming a comparative study related to chemical control. The operation was studied in a reservoir linked to a pumping plant in Barra do Piraí-RJ, Brazil. The system consists of some cranes floating on rafts used to cut weeds and release them into the water flow. Before the suction intake there is a floating barrier to trap the weeds, which are removed from the reservoir by another crane, fixed on the embankment. Weeds are stored for some time and then transported to a disposal place. In addition, there is a fence to protect the suction intake from weeds that passed through the barrier and a mechanical system to clean up the fence. Data related to the total volume of weeds transported to the disposal place were collected for 14 months, and the volume produced per square meter of infestation for the major weeds was assessed. The company in charge of the system provided costs and other operational parameters, developing a model based on operational and cost parameters to calculate the total cost per hectare of weeds removed. The results showed an average monthly cost of US\$ 17,780.28 per hectare of weeds removed. Despite the high costs, the system was able to control only 4.1% of the infested area in the reservoir at the time data was collected. Using simulated data for glyphosate application, chemical control would cost only 0.23% of the mechanical removal cost. The Sensitivity analyses showed that the compaction of the weeds for transportation, the volume of weeds produced per area and the cost of transportation are major parameters for the optimization of the system.

Key words: aquatic weeds, mechanical removal, costs.

¹ Recebido para publicação em 26/10/2001e na forma revisada em 21/12/2001.

² Eng.-Agr., Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Rural da FCA-UNESP, Fazenda Lageado, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu-SP, <ulisses@fca.unesp.br>; ³ Eng.-Agr., Prof. Assistente Doutor do Departamento de Produção Vegetal da FCA-UNESP, Botucatu-SP.



INTRODUÇÃO

O crescente problema de infestação por plantas aquáticas tem despertado interesse no desenvolvimento e na avaliação dos métodos de controle, notadamente os físicos (controle ou remoção mecânica), os químicos e os biológicos. Em algumas regiões, o controle mecânico tem sido mais utilizado tanto em razão de suas características operacionais como por restrições ambientais a outros métodos. Murphy (1988) descreve diferentes sistemas e equipamentos utilizados no controle mecânico de plantas aquáticas. A remoção (colheita) das plantas é um dos métodos mais utilizados de controle mecânico (Koegel et al., 1973), pois minimiza os problemas de reinfestação causados pelos fragmentos gerados no processo de mobilização das plantas aquáticas (Johnson & Bagwell, 1979). A combinação de métodos mecânicos, químicos e biológicos também pode ser útil para a solução de problemas de reinfestação (Armellina et al., 1996).

Em muitas situações, a decisão pelo uso de métodos mecânicos ou químicos depende de análises operacionais e econômicas. De acordo com Cave (1981), o custo do controle químico pode ser até 10% do controle mecânico, quando são comparadas aplicações de glyphosate e o uso de diferentes equipamentos. Raju & Reddy (1988) observaram custos até 61% menores com o uso de herbicidas. Entretanto, tanto Koegel et al. (1977) como Cave (1981) afirmam que o cálculo do custo real de um sistema mecânico é muito complexo, pois, além dos custos diretos do maquinário, devem ser considerados fatores como habilidade dos operadores, custos de

propriedade dos equipamentos, custos de terceirização de serviços, etc. Outros fatores importantes de difícil contabilização são a relação entre a eficiência de remoção e as necessidades subsequentes de manutenção das áreas controladas (Hall, 1969), a remoção de nutrientes (Grinwald, 1968) e o impacto da remoção na comunidade infestante local Nichols & Lathrop, (1994).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo para análise econômica e operacional da remoção mecânica de plantas aquáticas, visando realizar estudo econômico comparativo com o controle químico em um reservatório em Barra do Pirai-RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema de remoção mecânica de plantas aquáticas foi avaliado no reservatório de Santana (Light - Serviços de Eletricidade S.A.), em Barra do Pirai-RJ. O processo consiste de retroescavadeiras instaladas em balsas (Figura 1), usadas para cortar as plantas estabelecidas no reservatório e liberá-las no fluxo de água. Antes da tomada d'água da usina de bombeamento existe uma barreira flutuante (Figura 2) que intercepta as plantas, as quais são removidas por um guindaste fixo na margem do reservatório (Figura 3). As plantas são armazenadas por algum tempo e, depois, transportadas por caminhões basculantes para uma área de descarte. Um sistema de limpeza das grades da tomada d'água (Figura 4) recolhe as plantas que ultrapassam a barreira flutuante. O sistema de remoção é operado por uma empreiteira contratada (serviço terceirizado).



Figura 1 - Retroescavadeiras instaladas em balsas.



Figura 2 - Barreira flutuante.



Figura 3 - Guindaste fixo na margem para retirada das plantas do reservatório.



Figura 4 - Sistema de limpeza das grades da tomada d'água da usina de bombeamento.

Os valores utilizados nas análises econômicas foram obtidos a partir do contrato de serviços da empreiteira responsável pela remoção das plantas do reservatório. A análise operacional foi baseada em dados do volume mensal de biomassa de plantas aquáticas transportadas para a área de descarte, os quais foram coletados no período de maio de 1997 a junho de 1998. Índices de produção de biomassa por unidade de área de coleta de plantas foram obtidos por determinação direta de volume durante operações de remoção, considerando valores diferenciados para as principais espécies presentes. A área total do reservatório foi determinada para a cota de 362 m, através da digitalização de planta em escala 1:10000. Outras características operacionais foram obtidas a partir de informações práticas de funcionários da Light e da empreiteira responsável pela remoção.

O modelo de simulação foi desenvolvido a partir da determinação das equações que descrevem os principais fatores operacionais e econômicos. As análises de sensibilidade foram realizadas pela simulação do custo do sistema de remoção mecânica em face das variações dos valores de entrada das variáveis do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os valores básicos utilizados nas análises econômicas. Os dados do volume mensal de biomassa de plantas aquáticas transportado para a área de descarte, entre maio de 1997 e junho de 1998, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 - Valores contratuais para os serviços prestados no reservatório de Vigário

Fator de custo	Valores
Remoção de plantas para área de descarte	US\$ 5,81/m ³
Manutenção mensal da barreira flutuante	US\$ 947,59/mês
Limpeza da tomada d'água	US\$ 43.748,59/mês

Valores em dólares americanos relativos a junho de 1998 - taxa de US\$ 1,00 = R\$ 1,10.

Tabela 2 - Volumes mensais de biomassa transportada para a área de descarte

Ano	Mês	Material vegetal transportado (m ³)
1997	Maio	3.534,00
	Junho	8.552,00
	Julho	9.742,00
	Agosto	8.235,00
	Setembro	10.546,00
	Outubro	11.698,00
	Novembro	5.825,00
	Dezembro	3.273,00
1998	Janeiro	8.886,00
	Fevereiro	4.804,00
	Março	2.887,00
	Abril	1.940,00
	Maio	4.255,00
	Junho	3.467,00
Média mensal		6.260,29



Os custos relativos à manutenção da barreira flutuante e da limpeza das tomadas d'água não foram computados integralmente nos custos da remoção mecânica, pois considerou-se que esses serviços são necessários, independentemente da utilização ou não de qualquer sistema de remoção no interior do reservatório. Assim, adotou-se como procedimento a apropriação de uma porcentagem do custo atual de cada processo para a composição do custo da remoção mecânica. Neste caso, adotou-se que a remoção mecânica no interior do reservatório é responsável por 40% dos custos da limpeza das tomadas d'água e por 20% dos custos de manutenção da barreira flutuante. Ressalta-se, entretanto, que estes valores foram estimados com base em informações de funcionários da empresa que opera o sistema, e estes podem ser facilmente mudados para futuras simulações.

Avaliações realizadas durante o corte de vegetação, usando as retroescavadeiras sobre balsas, indicaram que o volume de biomassa obtido em função da área trabalhada pode variar bastante, dependendo do tipo de vegetação (Tabela 3). Considerando-se uma média ponderada dos valores de produção volumétrica entre aguapé (*Eichhornia crassipes*) e braquiária (*Brachiaria arrecta*), duas das principais espécies encontradas no reservatório, a qual foi calculada a partir da infestação observada, adotou-se um índice de 0,25 m³ para cada m² de material coletado.

Tabela 3 - Valores médios do volume de biomassa obtido em função da área trabalhada e do índice de eficiência da barreira flutuante na retenção da vegetação

Fator	Infestante		Média ponderada pela infestação
	Aguapé	Braquiária	
Índice de produção volumétrica (m ³ de biomassa m ⁻² de infestação)	0,19	0,75	0,25
Índice de eficiência da barreira flutuante (1,00 = 100 %)	0,95	0,50	0,91
Infestação média observada (1,00 = 100 %)	0,90	0,10	-

Outro fator importante para a análise operacional é a eficiência da barreira flutuante na interceptação do material lançado no fluxo de água do reservatório. Também neste caso, o índice de eficiência é primariamente dependente do tipo de vegetação. Considerando-se uma média ponderada a partir de eficiência adotada de 95% para aguapé e 50% para braquiária (valores práticos obtidos igualmente a partir de informações de funcionários que gerenciam o sistema), determinou-se um índice de eficiência na barreira de 0,91, ou seja, considerou-se que a barreira é responsável pela interceptação de 91% de todo o material lançado no fluxo para as tomadas d'água (Tabela 3).

Finalmente, o processo de acúmulo das plantas na barreira flutuante e a própria retirada do material para o carregamento propicia um determinado grau de compactação. Assim, adotou-se o valor 1,2 para esse índice, significando que cada m³ transportado está relacionado a 1,2 m³ de material cortado pelas retroescavadeiras sobre balsas.

O volume de biomassa coletada do reservatório foi estimado a partir da relação entre o volume transportado para a área de descarte, o índice de compactação do material e a eficiência de retenção da barreira flutuante (equação 1). Utilizando-se esse princípio, calcularam-se os volumes de biomassa coletados mensalmente no reservatório (Tabela 4).

$$VC = \frac{VT \times IC}{EB} \quad (1)$$

em que VC = volume mensal de biomassa coletada no reservatório (m³/mês); VT = volume mensal de biomassa transportada para a área de descarte (m³/mês); IC = índice de compactação para o transporte; e EB = índice de eficiência da barreira flutuante.

Tomando-se como base o volume coletado e o índice de produção volumétrica da biomassa, foi possível calcular a área referente ao material coletado, a qual pode ser interpretada como sendo a área onde as plantas daninhas foram "controladas" (equação 2). Esses cálculos permitiram a determinação das áreas controladas mensalmente, que, relacionadas com a área total do reservatório, resultam no percentual da área que, efetivamente, recebe intervenção do sistema mecânico de remoção de plantas (Tabela 4).

Tabela 4 - Volume mensal de biomassa coletada, área referente à biomassa coletada ou “área controlada” (ha) e porcentagem relativa à área total do reservatório (276 ha)

Ano	Mês	Biomassa coletada (m ³)	Área controlada (ha)	Porcentagem relativa à área total do reservatório
1997	Maio	4.685,97	1,90	0,69
	Junho	11.339,67	4,61	1,67
	Julho	12.917,57	5,25	1,90
	Agosto	10.919,34	4,44	1,61
	Setembro	13.983,65	5,68	2,06
	Outubro	15.511,16	6,31	2,28
	Novembro	7.723,76	3,14	1,14
	Dezembro	4.339,89	1,76	0,64
1998	Janeiro	1.1782,54	4,79	1,74
	Fevereiro	6.369,94	2,59	0,94
	Março	3.828,07	1,56	0,56
	Abril	2.572,38	1,05	0,38
	Maio	5.641,99	2,29	0,83
	Junho	4.597,13	1,87	0,68
Média mensal		8.300,93	3,37	1,22

$$AC = \left(\frac{VC}{IV} \right) \div 10000 \quad (2)$$

em que AC = área referente à biomassa coletada ou “área controlada” (ha); VC = volume mensal de biomassa coletada no reservatório (m³/mês); IV = índice de produção volumétrica da biomassa (m³ de biomassa m⁻² de infestação).

A média mensal de 3,37 ha de área controlada mecanicamente (Tabela 4) corresponde a 1,22% da área total do reservatório. Para efeito de comparação com a área efetivamente infestada, adotando-se uma infestação média de 30% da área do reservatório (valor médio observado durante a realização do trabalho), os valores encontrados indicam que a remoção mecânica tem atacado efetivamente apenas 4,1% da área infestada, apesar do grande volume de recursos envolvidos.

O custo total mensal do sistema mecânico de remoção foi calculado pela soma do custo do transporte com a fração dos custos relativos à manutenção da tomada d’água e da barreira flutuante (equação 3).

$$CT = (VT \times TR) + TD + BR \quad (3)$$

em que CT = custo mensal total da remoção da biomassa (US\$/mês); VT = volume mensal de

biomassa transportada para a área de descarte (m³/mês); TR = custo do transporte (US\$ m⁻³); TD = fração do custo mensal relativa à limpeza da tomada d’água (US\$/mês); e BR = fração do custo mensal relativa à manutenção da barreira flutuante (US\$/mês).

Para determinação do custo da remoção mecânica por unidade de área (equação 4), basta relacionar o custo total com a área controlada (Tabela 5).

$$CM = \frac{CT}{AC} \quad (4)$$

em que CM = custo do sistema mecânico de remoção (US\$ ha⁻¹); CT = custo mensal total da remoção da biomassa (US\$/mês); e AC = área referente à biomassa coletada ou “área controlada” (ha).

Tabela 5 - Custo da remoção da biomassa

Ano	Mês	Custos	
		US\$/mês	US\$ ha ⁻¹
1997	Maio	38.218,28	20.063,52
	Junho	67.368,30	14.614,72
	Julho	74.281,12	14.145,97
	Agosto	65.526,82	14.762,44
	Setembro	78.951,63	13.889,15
	Outubro	85.643,70	13.582,70
	Novembro	51.526,91	16.411,21
	Dezembro	36.702,11	20.804,03
1998	Janeiro	69.308,54	14.470,48
	Fevereiro	45.595,83	17.608,59
	Março	34.459,80	22.144,63
	Abril	28.958,59	27.693,52
	Maio	42.406,64	18.489,99
	Junho	37.829,07	20.242,97
Média mensal		54.055,53	17.780,28

Visando facilitar a análise operacional e econômica do sistema, as equações 1 a 3 foram substituídas na equação 4, obtendo-se assim uma equação geral que descreve a estimativa do custo do sistema de remoção mecânica da vegetação (equação 5).

$$CM = \frac{((VT \times TR) + TD + BR) \times IV \times EB \times 10000}{VT \times IC} \quad (5)$$



em que CM = custo do sistema mecânico de remoção (US\$ ha⁻¹); VT = volume mensal de biomassa transportada para a área de descarte (m³/mês); TR = custo do transporte (US\$ m⁻³); TD = fração do custo mensal relativa à limpeza da tomada d'água (US\$/mês); BR = fração do custo mensal relativa à manutenção da barreira flutuante (US\$/mês); IV = índice de produção volumétrica da biomassa (m³ de biomassa m⁻² de infestação); EB = índice de eficiência da barreira flutuante; e IC = índice de compactação para o transporte.

Uma das opções ao sistema mecânico de remoção, visando a redução de custos, poderia ser a utilização do controle químico (aplicação de herbicidas). O custo desse tipo de controle depende de pelo menos três fatores fundamentais: custo unitário do produto (US\$ L⁻¹), dose por área (L ha⁻¹) e custos operacionais da aplicação. Estudos de Antuniassi & Velini (1992) e Antuniassi et al. (1996) indicam que os custos operacionais, na maioria dos casos, representam uma fração pequena dos custos totais de sistema químico de controle. Assim, o custo do sistema químico pode ser definido de acordo com a equação 6.

$$CQ = \frac{CH \times DH \times 100}{FH} \quad (6)$$

em que CQ = custo do controle químico (US\$ ha⁻¹); CH = custo do herbicida (US\$ L⁻¹); DH = dose do herbicida (L ha⁻¹); e FH = fração ou porcentagem do custo do herbicida com relação ao custo total do controle químico (%).

Adotando-se os valores básicos de 90% para FH, US\$ 5,46 L⁻¹ para CH e 6 L ha⁻¹ para DH, a Tabela 6 apresenta o custo mensal do controle químico das plantas daninhas em áreas equivalentes às obtidas para a remoção mecânica mensal no reservatório. Assim como no trabalho apresentado por Cave (1981), observa-se que o controle químico apresenta um custo estimado muito inferior ao do mecânico. Considerando-se uma média mensal, a utilização de controle químico consumiria apenas 0,23% dos recursos utilizados na remoção mecânica. Um fator importante a ser ressaltado é que este trabalho foi realizado com base em valores efetivamente pagos pela remoção mecânica, pois se trata de um serviço terceirizado. Assim, todos os fatores relativos a custos

diretos e indiretos do sistema foram envolvidos no processo, conforme recomendações de Koegel et al. (1977) e Cave (1981). Por outro lado, novos estudos deverão ser realizados para a avaliação de características como a eficiência de remoção e as necessidades subsequentes de manutenção das áreas controladas (Hall, 1969), a remoção de nutrientes (Grinwald, 1968) e o impacto da remoção na comunidade infestante local (Nichols & Lathrop, 1994).

A análise de sensibilidade do custo do sistema de remoção mecânica com relação aos fatores envolvidos foi realizada baseando-se em simulações da equação 5, as quais foram realizadas partindo-se de um cálculo básico de custo.

Os resultados dessas análises mostram que, entre os fatores de custo, o que apresenta maior influência no sistema é o custo do transporte do material para a área de descarte (Figura 5), podendo isso ser notado pela maior inclinação da curva de tendência dos dados com relação ao eixo "x". A menor importância das frações do custo da tomada d'água (Figura 6) e da manutenção da barreira (Figura 7) é facilmente explicada pelo caráter fixo desses componentes de custo, além do reduzido valor monetário, quando comparado ao custo total mensal do transporte.

Tabela 6 - Análise comparativa entre os custos dos sistemas mecânico e químico para o controle da vegetação

Ano	Mês	Custos (US\$/mês)		Relação percentual químico/mecânico
		Mecânico	Químico	
1997	Maio	38.218,28	69,26	0,18
	Junho	67.368,30	167,62	0,25
	Julho	74.281,12	190,95	0,26
	Agosto	65.526,82	161,41	0,25
	Setembro	78.951,63	206,71	0,26
	Outubro	85.643,70	229,28	0,27
	Novembro	51.526,91	114,17	0,22
	Dezembro	36.702,11	64,15	0,17
1998	Janeiro	69.308,54	174,17	0,25
	Fevereiro	45.595,83	94,16	0,21
	Março	34.459,80	56,58	0,16
	Abril	28.958,59	38,03	0,13
	Maio	42.406,64	83,40	0,20
	Junho	37.829,07	67,95	0,18
Média Mensal		54.055,53	122,70	0,23

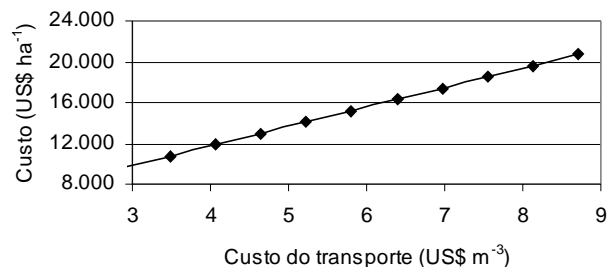


Figura 5 - Sensibilidade do custo total do sistema mecânico de remoção a variações no custo do transporte do material para a área de descarte.

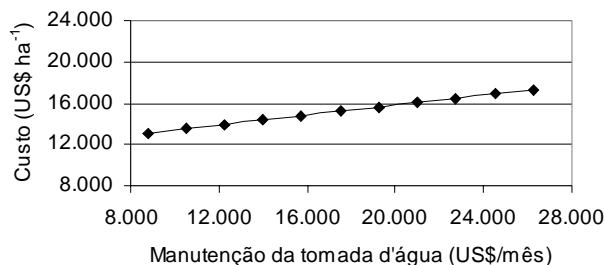


Figura 6 - Sensibilidade do custo total do sistema mecânico de remoção a variações na fração do custo mensal relativa à limpeza da tomada d'água.

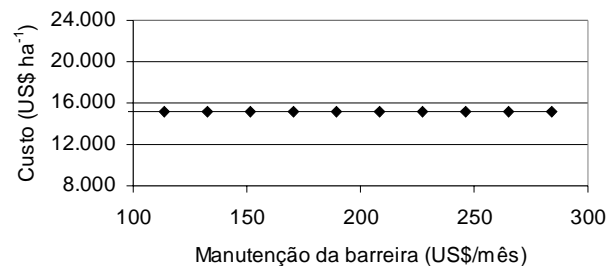


Figura 7 - Sensibilidade do custo total do sistema mecânico de remoção a variações na fração do custo mensal relativa à manutenção da barreira flutuante (US\$/mês).

O custo total do sistema se comporta de maneira inversamente proporcional ao volume transportado (Figura 8), e esse fato se deve à diluição dos custos fixos do sistema com relação ao aumento da quantidade de material coletado.

No caso do índice de produção volumétrica de biomassa (Figura 9), sua influência é diretamente proporcional ao custo total, indicando que, quanto maior a produção de biomassa por unidade de área no reservatório, maior será o custo do sistema de retirada da vegetação. É importante ressaltar que esse índice está diretamente relacionado com o tipo de planta que está sendo coletada, uma vez que diferentes plantas proporcionam diferentes volumes após

a mobilização. Esse fato é de suma importância no que se refere às estratégias de controle de espécies individuais. Assim, deve-se evitar a manipulação desnecessária de espécies de grande produção volumétrica, como a braquiária, por exemplo.

O fato de que parte dos custos é apresentada na forma de valores fixos mensais faz com que alguns componentes do sistema apresentem comportamento de certa maneira inesperado. Um desses casos é a eficiência da barreira flutuante (Figura 10). Considerando-se que o custo da manutenção da tomada d'água é fixo, independentemente da quantidade de material retirado, maiores ou menores quantidades de material que deixam de ser retidas pela barreira não influenciarão o custo da tomada d'água. Por outro lado, cada fração do material que deixa de ser coletado na barreira acaba por não tomar parte no transporte para a área de descarte, reduzindo-se portanto o custo do sistema. Isso significa que, tomando-se como base uma certa eficiência de retenção, qualquer aumento desse fator acarretará maior necessidade de transporte, aumentando, portanto, o custo total do sistema.

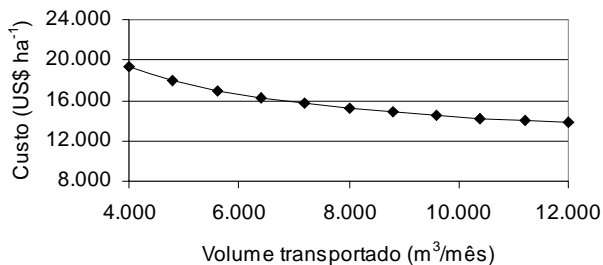


Figura 8 - Sensibilidade do custo total do sistema mecânico de remoção a variações no volume de material transportado para o bota-fora.

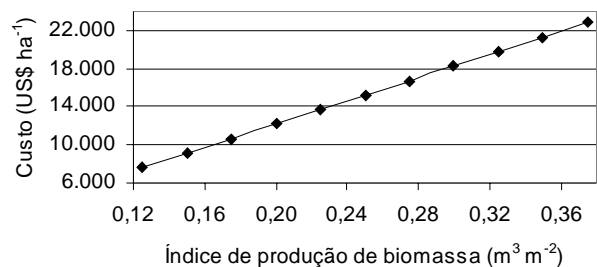


Figura 9 - Sensibilidade do custo total do sistema mecânico de remoção a variações no índice de produção volumétrica da biomassa (m³ de biomassa m⁻² de infestação).



O último fator analisado foi o índice de compactação do material para transporte (Figura 11). Neste caso, fica clara a proporcionalidade inversa, pois a redução na quantidade de viagens necessárias proporciona redução no custo total do sistema, desde que seja garantida a manutenção dos custos de transporte, independentemente do aumento da densidade do material.

A comparação de custos entre o sistema químico e o mecânico pode ser analisada através da avaliação de sensibilidade a variações no custo do herbicida, na dose aplicada e na proporção do herbicida no custo total do sistema químico. Observa-se, na Figura 12, que o valor percentual do químico com relação ao mecânico é diretamente proporcional ao custo ou à dose do produto. No entanto, analisando individualmente o aumento da dose ou do preço, verifica-se que o sistema químico permanece tendo um custo muito inferior ao mecânico.

Com relação aos custos operacionais, mesmo que o herbicida passe a responder por apenas 10% dos custos totais, o que simularia condições de alto custo operacional, o sistema químico ainda teria custo muito menor do que o mecânico (Figura 13).

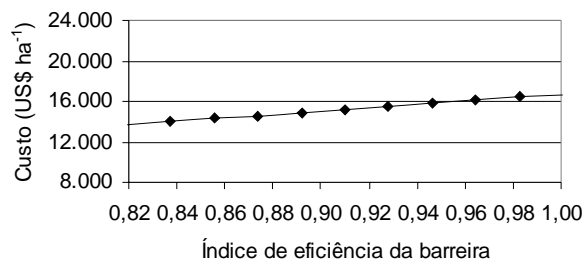


Figura 10 - Sensibilidade do custo total do sistema mecânico de remoção a variações no índice de eficiência da barreira flutuante.

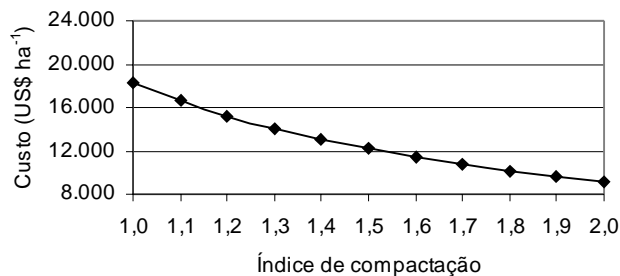


Figura 11 - Sensibilidade do custo total do sistema mecânico de remoção a variações no índice de compactação para o transporte.

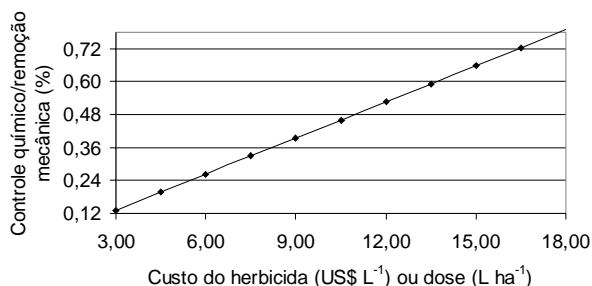


Figura 12 - Sensibilidade da relação entre o custo do sistema químico e o do mecânico a variações no preço ou na dose do herbicida.

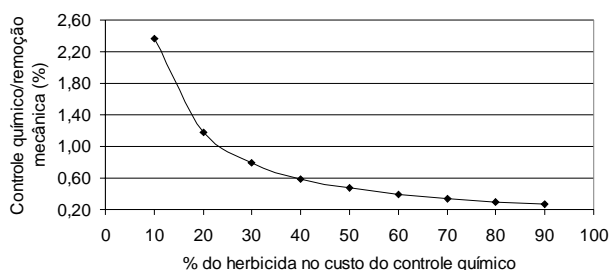


Figura 13 - Sensibilidade da relação entre o custo do sistema químico e o do mecânico a variações na participação do custo do herbicida no valor total do custo do sistema químico.

LITERATURA CITADA

ANTUNIASSI, U. R.; VELINI, E. D. Avaliação econômica e operacional de diferentes sistemas de controle químico de plantas daninhas em ferrovias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: 1992. p. 2082-2096.

ANTUNIASSI, U. R.; VELINI, E. D.; CAMPOSILVAN, D. Viabilidade econômica dos sistemas manual e mecanizado de aplicação de herbicidas em ferrovias. *Planta Daninha*, v. 14, p. 14-25, 1996.

ARMELLINA, A. D.; BEZIC, C. R.; GAJARDO, O. A. Propagation and mechanical control of potamogeton illinoensis Morong in irrigation canals in Argentina. *J. Aquatic. Plant Manag.*, v. 34, p. 12-16, 1996.

CAVE, T. G. Current weed control problems in land drainage channels. In: ASPECTS of applied biologists: aquatic weeds and their control, 1981, Wellesbourne. *Proceedings...* Wellesbourne: 1981 p. 5-14.

GRINWALD, M. E. Harvesting aquatic vegetation. **Hyacinth Control J.**, v. 7, p. 31-32, 1968.

HALL, B. L. Cost and effectiveness of control of weeds in secondary canals in Dade County, Florida. **J. Aquatic. Plant Manag.**, v. 8, p. 34-35, 1969.

JOHNSON, R. E.; BAGWELL, M. R. Effects of mechanical cutting on submerged vegetation in a Louisiana lake. **J. Aquatic. Plant Manag.**, v. 17, p.54-57, 1979.

KOEGEL, R. G.; LIVERMORE, D. F.; BRUHN, H. D. Costs and productivity in harvesting of aquatic plants. **J. Aquatic. Plant Manag.**, v. 15, p. 12-17, 1977.

KOEGEL, R. G. et al. Increasing efficiency of aquatic plant management through processing. **Hyacinth Control J.**, v. 11, p. 24-30, 1973.

MURPHY, K. J. Aquatic weed problems and their management: a review. II. Physical control measures. **Crop Protec.**, v. 7, p. 283-302, 1988.

NICHOLS, S. A.; LATHROP, R. C. Impact of harvesting on aquatic plant communities in Lake Wingra, Wisconsin. **J. Aquatic. Plant Manag.**, v. 32, p. 33-36, 1994.

RAJU, R. A.; REDDY, M. N. Control water hyacinth through herbicides. **Indian Farm.**, v. 38, p. 19-21, 1988.

