

**Agricultura e
Desenvolvimento Rural com
Sustentabilidade**



**50.º CONGRESSO DA
SOBER**

Sociedade Brasileira de Economia
Administração e Sociologia Rural
VITÓRIA/ES

**VITÓRIA/ES
UFES
22 A 25 DE JULHO DE 2012**

Comissão Organizadora Nacional

Sergio Schneider (UFRGS)
Presidente da SOBER

Otávio Valentim Balsadi (EMBRAPA)
Diretor Executivo

Elza N. Anjos (SOBER)
Secretária

Coordenação Científica

Pery Francisco Assis Shikida (UNIOESTE-Toledo)
Carlos Eduardo de Freitas Vian (ESALQ/USP)

Comissão Organizadora Local

Profª M.Sc. Jaqueline Carolino (UFES)
Presidente da Comissão Local

Prof. Dr. Alain Herscovici (UFES)
Andressa Rodrigues Pavão (ESALQ/USP)
Profª Drª Daniela Teixeira Carvalho de Newman (UFES)
Prof. Dr. Niraldo José Ponciano (UENF)
Prof. Dr. Ricardo Ramalhete (UFES)
Prof. M.Sc. Roberto Amadeu Fassarela (UFES)
Prof. Dr. Robson Grassi (UFES)
Profª Drª Sonia Maria Dalcomuni (UFES)
Profª Drª Vanuza da Silva Pereira (UFF)

Apoio

Prof. Dr. Marlon Gomes Ney (UENF)
Prof. Dr. José Augusto Brunoro Costa (UFES)
Drª Jaqueline Severino da Costa (Pesquisadora)
Gracieli de Freitas (Secretária) – UFES

[Trabalho 107]
APRESENTAÇÃO ORAL

CINTHIA CABRAL DA COSTA; JOAQUIM JOSÉ MARTINS GUILHOTO.
EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO, SÃO CARLOS - SP - BRASIL; USP, SÃO PAULO - SP - BRASIL.

Importância de uma política de saneamento rural no Brasil

Grupo de Pesquisa: Agropecuária, Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Resumo

O Brasil tem mais de 23 milhões de pessoas na zona rural sem coleta ou tratamento de esgoto, o que corresponde a 75% da população rural. Este estudo teve como objetivo mensurar os impactos social, ambiental e econômico decorrente da atual falta de saneamento rural no país mostrando a importância de uma política neste sentido. Para isto foi avaliada a implementação de uma proposta tecnológica de tratamento do esgoto, a fossa séptica biodigestora. Encontrou-se que, ao ano, a construção deste sistema de saneamento poderia: reduzir cerca de 250 mortes e 5,5 milhões de infecções causados por doenças diarreicas; reduzir a poluição dos cursos d'água em cerca de 250 mil toneladas de DBO e que a cada R\$1,00 investido na implementação da alternativa tecnológica avaliada poderia causar um retorno para a sociedade de R\$2,55 em renda interna bruta. Além disto, ocorreria um aumento de 51 mil empregos.

Palavras-chaves: desenvolvimento sustentável; saúde; população rural.

Impact of a rural sanitation policy in Brazil

Abstract

Brazil has more than 23 million rural people with unimproved sanitation, which corresponds to about 75% of rural population. This study aimed to measure the social, environmental and economic impacts caused by implementation of a technological proposal for sanitation: "septic cesspool biodigester". It was found that, per year, the implementation of this technology in rural homes with unimproved sanitation could: reduce about 250 deaths and 5.5 million infections caused by diarrheal diseases; reduce pollution of waterways by about 250 thousand tons of BOD and; that every R\$1.00 invested in the implementation of alternative technology evaluated could cause a return to the society of R\$2.55 in GDP. Moreover, the jobs would increase from 51 thousand.

Key Words: Sustainable Development; health; rural population.

1. Identificação do problema

O saneamento inclui um conjunto de atividades relacionadas ao tratamento de água e esgoto, coleta de lixo e práticas de higiene. Este trabalho tem o enfoque sobre o tratamento de esgoto. Isto se justifica porque, segundo dados da UNICEF (2011), enquanto apenas 16% da população rural,

em 2008, não tiveram acesso à água tratada, 63% desta população não teve rede coletora de esgoto. Além disto, verifica-se na Figura 1 que a evolução nas redes coletoras ou tratamento do esgoto rural foi muito menor do que o tratamento da água.

Utilizando informações do esgotamento sanitário do país obtidos no IBGE (2011a) constata-se que, para o ano de 2009 (dado mais recente), 75% da população rural não possuía esgoto tratado. As diferenças regionais existentes no país também são grandes: nas regiões sul e sudeste 48% e 34% das pessoas, respectivamente, tiveram esgoto tratado em 2009 enquanto as regiões Norte e Nordeste apresentaram apenas 24% e 16%, respectivamente do esgoto tratado no mesmo ano. A região Centro-Oeste foi a que apresentou o menor percentual de esgoto tratado do país, correspondendo a 9% em 2009. Segundo relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS & UNICEF, 2010), este percentual é comparável ao de países da África sub-saharan, a qual apresentou, em 2008, uma taxa de uso de sistema sanitário apropriado de 24%, que foi o menor entre as regiões do mundo. Segundo este mesmo relatório, o percentual de esgoto tratado na zona rural em Gana, por exemplo, foi de 38%, ou seja, superior ao percentual de 25% do Brasil.

Figura 1 – Evolução da coleta ou tratamento de esgoto e da água na área rural e urbana no Brasil: percentual do número de pessoas

Fonte: UNICEF, 2011.

Outra característica importante e que justifica a introdução de uma política para expansão do tratamento do esgoto rural pelos órgãos públicos é que a população não assistida está nas camadas mais pobres. A Figura 2 mostra a diferença entre o nível de saneamento para diferentes camadas de renda da população no país. Assim, enquanto mais de 50% da população com renda acima de 10 salários mínimos possuem saneamento de esgoto adequado, cerca de apenas 15% da população mais pobre o possui.

A falta de tratamento do esgoto doméstico traz várias conseqüências negativas para a sociedade. A literatura cita a questão da saúde como a principal variável impactada pela melhoria na questão sanitária da população. O item 3 explora mais detalhadamente os encadeamentos dos efeitos causados pelo tratamento do esgoto doméstico com objetivo de estabelecer as diretrizes para a estimação dos impactos neste estudo. Segundo revisão de estudos realizada por Heller (1997), a variável que mais aparece como indicador de saúde da população (60% dos estudos analisados) é a ocorrência de diarreia. E, mais do que isto, esta é também a variável analisada em estudos que mais apresenta impactos positivos ao avaliar as condições de melhorias sanitárias de uma população. Assim, a Figura 3 mostra a relação entre a participação da população (rural e urbana) com esgoto tratado e a ocorrência de morte por diarreia no país nos anos de 1990 e 2000. O índice de correlação entre a participação da mortalidade por diarreia com a participação da população urbana com esgoto tratado, no período descrito nesta figura, foi de -88% e com a participação da população rural com esgoto tratado foi de -77%. Ou seja, tais índices de correlação corroboram com o descrito por Heller (1997), mostrando a estreita relação existente entre aumento de esgoto tratado e redução no número de mortes por diarreia.

Figura 2 – Situação do esgotamento sanitário: percentual do número de moradores em domicílios particulares permanentes na área rural com esgoto coletado em rede ou fossa séptica e com fossa rudimentar ou sem tratamento por classe de renda no Brasil

Fonte: IBGE / Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD, 2011a.

Figura 3 – Situação do esgotamento sanitário no Brasil: percentual do número de moradores em domicílios particulares permanentes com tratamento de esgoto no país e percentual das mortes associadas a doenças diarreicas, no período de 1991 a 2007

Fonte: IBGE / Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD, 2011a.

Segundo dados da OMS mais de 2 milhões de pessoas morreram por doenças diarreicas em 2004, respondendo por cerca de 4% das mortes no mundo. Países africanos são os mais atingidos, chegando a um percentual das mortes por diarreia acima de 15% na Angola. Em 2004, dezenove países africanos tiveram taxas de morte por diarreia superior a 10% (OMS, 2011). Apesar da significativa redução nos índices de mortalidade por diarreia no Brasil observados na Figura 3, que estavam próximos a 10% da causa das mortes no início da década de 1990, chegando a 3% no final da década de 2000, este ainda é um percentual de morte elevado ao comparar com outros países do mundo. Para o ano de 2004, os dados da OMS indicam o Brasil como 82º no ranking dos países com maiores índices de morte causada por diarreia, atrás ainda de vários países africanos¹. Estudos da OMS (2011) citam como países com altos níveis de morte por diarreia a Índia e a China. Entretanto, apesar da Índia ser a 54º no ranking, com 5% das mortes causadas por diarreia, a China está bem abaixo do Brasil, 121º do ranking e com 0,7% das mortes por diarreia. Entre os países da América do Sul, o Brasil está atrás apenas da Bolívia (50º) e da Guiana (78º). Portanto, a situação do país neste aspecto ainda está muito aquém do esperado para um país líder na América do Sul como o Brasil.

Segundo OMS (2004), mortes por doenças diarreicas ocorrem em maior proporção do que por HIV/AIDS no mundo (3,7% contra 3,5% do número total de mortes em 2004), sendo a quinta maior causa de mortes num universo de 136 categorias de doenças e injúrias. Entretanto, a importância da doença passa para terceira posição considerando apenas países de baixa renda, que respondem por 81% destas mortes. Entre os países de média e alta renda a diarreia não apareceu entre as 10 principais doenças que causaram mais mortes em 2004.

Neste cenário o presente estudo propõe mensurar o impacto da instalação da fossa séptica biodigestora como opção de tratamento sanitário para a população rural do país, no sentido de ser utilizado como instrumento para tomada de decisão de políticas públicas.

A seguir (item 2) é descrita a tecnologia da fossa séptica biodigestora e o porque de sua escolha para adoção desta política. No item 3 são descritos de maneira detalhada os impactos do estabelecimento deste tratamento nas áreas rurais que não possuem tratamento adequado de seus resíduos, assim como uma revisão de literatura que analisa os impactos da melhoria no tratamento sanitário. O item 4 estima os impactos da adoção da fossa séptica para a sociedade brasileira e o item 5 conclui o trabalho.

2. A proposta da fossa séptica biodigestora

1 Os dados de morbidade e mortalidade por diarreia no Brasil foram os descritos pela OMS, para o ano de 2004 (dado mais recente). Os dados do Ministério da Saúde (Brasil, 2011e e Brasil, 2011f) não foram utilizados por não estarem de acordo com os dados da OMS.

Conforme descrito na Figura 2, os atuais sistemas de tratamento de esgoto na zona rural no Brasil, além da rede coletora, são: o uso de fossa séptica, ligada ou não à rede de esgoto; as fossas rudimentares ou outro (IBGE, 2011a). O tratamento mais comum identificado pelas estatísticas do IBGE (IBGE, 2011a) é a fossa rudimentar, cujo uso corresponde a 48% da população rural do Brasil, seguido do não tratamento (19% desta população). Segundo daSilva et. al. (2011), o uso de fossas rudimentares (fossa “negra”, fosso, buraco, etc.) causa contaminação de águas subterrâneas e, conseqüentemente, os poços de água de aquífero de subsuperfície e, por isto, foi considerando na mesma classificação da ausência de tratamento sanitário nesta análise.

Assim, visando atender a necessidade de tratamento do esgoto rural, em função da expressiva população ali existente e da necessidade de melhorias, foi avaliado um sistema alternativo de tratamento, que é a fossa séptica biodigestora. A fossa séptica biodigestora foi desenvolvida por Novaes et. al. (2006) pesquisador da Embrapa Instrumentação, no ano de 2000. Ela é um sistema de tratamento do esgoto de dejetos humanos, cujo intuito é substituir o esgoto a céu aberto e as atuais fossas utilizadas em propriedades rurais, em razão dos benefícios que podem ser gerados por esta nova tecnologia (Novaes et al, 2006). A Tabela 1 apresenta um resumo das principais características dos sistemas de fossa negra, fossa séptica e da fossa séptica biodigestora proposta neste trabalho com o objetivo de se ter um melhor conhecimento das opções existente, e justificar a opção avaliada.

Tabela 1 – Comparação entre as opções de fossa para saneamento: características selecionadas

	Fossa rudimentar	Fossa séptica	Fossa séptica biodigestora
Contaminação águas superficiais	Sim	Não	Não
Contaminação águas subterrâneas	Sim	Não	Não
Necessidade de retirar os dejetos	Sim/Não ^{1/}	Sim	Não
Efluente reciclável	Não	Não	Sim
Todo esgoto doméstico	Sim	Sim	Não ^{2/}
Proliferação de vetores	Sim	Sim	Não
Odor desagradável	Sim	Sim	Não
Vedação hermética	Não	Não	Sim

Fonte: daSilva (2011), elaborado pela autora.

Notas: ^{1/} depende do tipo de solo: solos arenosos o material percola e não há necessidade. ^{2/} a fossa séptica biodigestora, ao contrário das outras, só trata o esgoto proveniente do vaso sanitário. Esgoto de ralos, tanques e pias não são coletados.

Observa-se que, ao contrário da fossa séptica, as fossas rudimentares não funcionam como forma de evitar a contaminação das águas. Já a fossa séptica, apesar de evitar esta contaminação, não promove a reciclagem dos dejetos humanos como no caso da fossa séptica biodigestora. Esta última também elimina a contaminação de águas subterrâneas e, uma grande vantagem deste sistema em relação a outros métodos de tratamento de esgoto é a reciclagem dos dejetos. O produto desta reciclagem é um efluente, inodoro, e com alta carga de nutrientes que são benéficos às plantas. Assim, o uso deste efluente para adubação de plantas na área rural traz ainda uma economia no consumo de fertilizantes químicos.

Como o sistema da fossa séptica biodigestora funciona sobre o um processo de biodigestão anaeróbica e, para isto, as caixas são vedadas, não há qualquer problema de proliferação de insetos

e animais peçonhentos nos arredores da mesma, o que não ocorre com os outros dois sistemas comparáveis a ela.

Assim, conclui-se que a fossa séptica biodigestora é um sistema de tratamento ambientalmente e economicamente mais favorável para o produtor rural. Como inconveniente, um sistema de tratamento auxiliar para tratamento do restante do esgoto doméstico deve ser realizado.

3. ANÁLISE DE IMPACTO: IDENTIFICAÇÃO DOS EFEITOS NA SOCIEDADE

Como descrito no item 1, o principal impacto decorrente do tratamento sanitário é sobre a saúde da população. Além deste aspecto que também será analisado com ênfase neste estudo, a implantação da fossa séptica biodigestora tem um impacto adicional sobre a parte produtiva da produção agrícola na propriedade, uma vez que seu efluente pode ser utilizado para ferti-irrigação. É relevante também considerar os impactos ambientais provenientes da substituição dos atuais sistemas de esgotos rurais sem tratamento pela fossa séptica, uma vez que ela contribui na conservação da qualidade da água, a qual impacta positivamente na fauna aquática. A Tabela 2 lista os impactos benéficos da utilização da fossa séptica biodigestora em relação a situação de ausência de tratamento adequado na zona rural.

Tabela 2 – Resumo dos impactos causados em toda a economia pelo uso da fossa séptica biodigestora em relação a situação de ausência de tratamento adequado na zona rural

Impactos	Alcance	Análise primária para mensurar mudanças	Análises de Impacto
Redução de doenças feco orais e redução nos gastos públicos com tratamento das mesmas	Social Ambiental Econômico	<ul style="list-style-type: none"> • Relação entre melhoria do tratamento de esgoto e redução de mortes ou doenças; • Custo do tratamento de uma pessoa com diarreia. • Perda anual de um ano produtivo devido a doença (DALYs). 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade de pessoas que deixariam de ser contaminadas; • Valor de gastos públicos com tratamento que podem ser realocados; • Número de mortes evitadas; • Valor do PIB que deixa de ser produzido.
Redução na contaminação de águas pluviais e subterrâneas	Ambiental Econômico	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade de DBO lançada por pessoa cujo esgoto não é tratado; • Quantidade de fósforo e nitrato lançado em esgoto não tratado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade de DBO que deixaria de ser lançado nas águas; • Quantidade de fósforo e nitrato que deixaria de ser lançado nas águas.
Uso do efluente para irrigação e adubação	Ambiental Econômico	<ul style="list-style-type: none"> • Em quanto que 1000 L do efluente reduz de fertilizante químico e calagem; 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução no uso de fertilizante químico; • Redução no uso de calagem;

Fonte: Elaboração dos autores.

Na Tabela 2 também são descritos os resultados esperados pela análise de impacto. Para as fontes primárias de dados necessárias para avaliação de impactos, a seguir são realizadas revisão de

literatura de estudos feitos na área, assim como análises realizadas para obtenção dos dados a serem utilizados.

3.1 Revisão de literatura

Inicialmente é feita uma revisão sobre a redução de doenças feco-orais e nos gastos públicos com seus tratamentos. A seguir é realizada uma revisão para obtenção de informações sobre a contaminação de águas pluviais e subterrâneas, assim como o impacto das mesmas no ambiente. Por fim são descritas as informações necessárias para a realização dos impactos referentes ao uso do efluente para irrigação e adubação e seus impactos.

Na área da saúde, a consequência da falta de tratamento de esgoto – seja rural ou urbano, ocasiona diversas doenças, denominadas doenças feco-orais, que tem como seu marco principal as doenças diarreicas. As diarreias têm como principal fonte de tratamento a terapia de reidratação oral. Segundo Briscoe (1987), um fator que levou os países a deixar de lado o aspecto do saneamento para privilegiar o tratamento é relacionado a idéia de que, para níveis muito baixos ou muito altos de desenvolvimento, o saneamento não interfere na expectativa de vida da população. Entretanto, este autor (Briscoe, 1987) descreveu a importância da melhoria no saneamento para a saúde da população, e contribuiu para a mudança deste paradigma. Segundo ele, estudo realizado na França entre 1816 e 1905, intervenções ambientais podem prevenir quatro vezes mais mortes e elevar a expectativa de vida sete vezes mais do que as intervenções de natureza biomédica. Já Okun (1988) descreve que o principal fator que levou os órgãos públicos a privilegiar a adoção do tratamento da terapia de reidratação oral é seu custo aparentemente inferior em relação aos programas de oferta de água e tratamento sanitário. Mas, assim como descrito por Briscoe (1987), ele afirma que os programas de melhoria sanitária promovem muito mais benefícios essenciais para a vida sustentável e vitais para manter e reforçar a vida de adultos e crianças.

Segundo dados da OMS (2004), diarreia foi a maior causa de doenças no mundo em 2004, atingindo 4.620,4 milhões de pessoas em 2004. Outras grandes fontes de doenças no mundo seguem de longe com: 429,2 milhões de pessoas com infecções respiratórias; 241,3 milhões com malária e 9 milhões com dengue. Considerando os dados da OMS (2004) de mortes por diarreia no mundo, que foi de 2,16 milhões pessoas em 2004, teve-se uma morte a cada 199 pessoas infectadas.

Entre as ações de saneamento analisadas para explicar a relação causal com a saúde, os modelos propostos têm privilegiado a compreensão sanitária de abastecimento de água e do esgotamento sanitário como sendo as mais efetivas (Heller, 1997). Neste sentido, Esrey et. al. (1985), revendo dezenas de estudos que analisaram a efetividade da melhoria na oferta de água e de esgoto para redução da taxa de diarreia para crianças em países em desenvolvimento encontraram que a melhoria na disponibilidade da água é o fator isolado, de ordem sanitária, de maior contribuição na redução da taxa de morbidade (redução de 25%). Em segundo lugar está a melhoria no tratamento de esgoto, com uma redução média de 22% na taxa de morbidade.

Esrey et. al. (1985) descrevem ainda que os resultados dependem de outros fatores como o nível do serviço de melhoria e o nível de alfabetização da população (como *proxy* do nível de higiene antes da intervenção). Assim, serviços mais significativos podem reduzir a taxa de diarreia de 46% (em população com menos de 40% de alfabetização) até 32%, em população com mais de 75% de alfabetizados. Os autores descrevem também que o patógeno mais eliminado pelas intervenções é a cólera (redução média de 41%) e a shigella (redução média de 48%). Outros patógenos como *Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia* não tiveram impacto.

Estes valores foram um pouco diferentes na revisão feita por Esrey et al. (1991), a redução na morbidade por diarreia encontrada em estudos mais rigorosos que foi atribuída a melhorias no

abastecimento de água e no esgotamento sanitário foi de 30%, em média. Considerando apenas as melhorias de esgoto, a redução foi de cerca de 36%. Considerando as variáveis qualidade e quantidade de água, observa-se uma redução de 17% na morbidade e, melhorando apenas a quantidade de água reduz-se a ocorrência média de doenças em 20%. A variável higiene, relacionada principalmente ao comportamento de lavar as mãos, é outro fator levado em consideração nos estudos com algumas indicações de alto retorno quanto a redução na morbidade. Esta redução foi encontrada como sendo de 33% no estudo de Esrey et al. (1991).

Segundo informações descritas em OMS & UNICEF (2009), 88% das mortes por diarreia são atribuídas a más condições sanitárias, como água, esgoto e higiene e; citando o trabalho de Jamison et al. (2006), os quais citam os dados relatados por Esrey et. al. (1991), descreve que as melhorias sanitárias têm reduzido incidência de diarreia em 36%.

Baltazar et. al. (1988), estudando a incidência de diarreia em crianças de menos de dois anos de idade encontrou que, crianças em famílias com práticas sanitárias adequadas a incidência de diarreias originadas por patógenos é 40% menor do que em crianças de ambiente familiar com práticas inadequadas. Neste estudo a análise foi realizada com cerca de metade das pessoas da zona urbana (região pobre de Cebu, nas Filipinas) e a outra metade de pessoas da zona rural. Corroborando com os resultados da revisão de Esrey et. al. (1985) descritos anteriormente, estes autores observaram também que, exceto onde níveis de contaminação são muito altos, melhorias somente na qualidade da água tem pouco efeito sobre doenças diarreicas. Mas as melhorias nas condições da água são necessárias se outras melhorias, como melhor disposição do esgoto são feitas.

Já os custos da saúde pública associados ao tratamento da diarreia podem incluir hospitalização; tratamento caseiro; uso de medicamentos e antibióticos. O principal tratamento contra a diarreia é a terapia de reidratação oral. Segundo Brasil (2011b) o gasto *per capita* com a saúde nos anos de 2006 e 2007 (dados mais atuais disponíveis) foram de, respectivamente, R\$450,31 e R\$492,45. Estes valores consideram os gastos em saúde do governo federal, estadual e municipal. O Ministério separa ainda estes gastos em dois tipos: atenção básica com cerca de 17% dos gastos e atenção de média e alta complexidade com cerca de 48% (Brasil, 2011c). Uma vez que o tratamento com diarreia está incluído nos gastos com atenção básica, tais valores *per capita* são estimados em R\$76,55 e R\$83,71 respectivamente para os anos de 2006 e 2007.

Além destes custos, têm-se também as perdas de saúde, bem-estar e até mesmos de vidas associadas a tais doenças, que representam expressivos custos sociais e econômicos. Segundo OMS (2004), uma variável que mede perdas em termos de doenças e mortes conjuntamente é denominada “DALY”. O valor de uma (1) DALY representa a perda equivalente a um (1) ano com saúde². A diarreia está entre as duas maiores causas de perdas de “DALY” no mundo, juntamente com infecções respiratórias. As doenças diarreicas causaram, em 2004, 72,8 milhões de DALYs no mundo, sendo 59,2 milhões apenas nos países de baixa renda (OMS, 2004). Para o Brasil, o número de DALYs referente a doenças diarreicas é estimado em 1.065, para um total de 35.896 decorrentes de todas as doenças.

Obviamente, o fator qualidade da água está diretamente relacionado com a condição de saúde analisada anteriormente. Entretanto, a análise da qualidade ambiental da água leva em conta as características descritas na legislação brasileira (Brasil, 2011i) outras além da contaminação microbiológica. Entre as características a serem analisadas que podem ser impactadas pelo

2 Cerca de 60% das DALYs são ocasionadas por morte prematura.

lançamento do esgoto sanitário, que é o alvo desta análise tem-se, além dos coliformes que causam os problemas de saúde discutidos anteriormente: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Oxigênio Disponível (OD); materiais flutuantes; ph e; algumas substâncias potencialmente prejudiciais, como o fósforo e o nitrato. Estas características afetam diretamente a fauna aquática, uma vez que reduzem ou contribuem para a redução da disponibilidade de oxigênio na água.

Segundo dados descritos por Sperling (1998), a contribuição média de despejo de esgoto por uma pessoa por dia é de cerca de 120 litros e, para cada litro de esgoto tem-se um incremento de 350 mg de DBO; zero (0) mg de OD e $1 \cdot 10^8$ coliformes fecais. Entretanto, estas informações não foram utilizadas como parâmetro para avaliação da fossa séptica biodigestora porque o despejo de esgoto considerado por Sperling (1998) refere-se a todo esgoto doméstico e a fossa aqui analisada é um sistema para tratamento apenas do esgoto do vaso sanitário. Assim, segundo informações de daSilva (2011), é estimado um despejo de esgoto de cerca de 30 litros por pessoa por dia e, para cada litro deste esgoto, uma carga média de DBO de 1.000 mg.

Outra questão importante relacionada ao impacto ambiental do tratamento do esgoto na área rural está relacionada à eutrofização dos cursos d'água. A eutrofização das águas é a responsável pelo aspecto poluído dos cursos d'água, com coloração esverdeada pelo crescimento de algas (fitoplâncton) e aguapés. Além disto, tais organismos consomem oxigênio da água, reduzindo o oxigênio disponível na mesma e contribuindo ainda mais, além do volume de DBO lançado diretamente pelo esgoto, para piora da qualidade ambiental dos cursos d'água e morte da fauna aquática.

No texto da legislação brasileira (Brasil, 2011i), exceto para águas classificadas como especiais, não há limites de DBO e nutrientes que causam eutrofização para que se lance efluentes nos cursos d'água. A exigência em relação a estes aspectos é de que:

“Nas águas das Classes 1 a 8 serão tolerados lançamentos de desejos, desde que, além de atenderem ao disposto no Art. 21 desta Resolução, não venham a fazer com que os limites estabelecidos para as respectivas classes sejam ultrapassados” (Art. 19 da Resolução CONAMA no. 20, de 18 de junho de 1986, descrito em Brasil, 2011i).

As classes de águas destinadas ao abastecimento doméstico são as descritas nas classes de 1 a 3. Os limites de DBO e nutrientes para serem mantidos os cursos d'água são descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Descrição dos limites máximos impostos por lei, para algumas variáveis, na classificação das águas próprias para abastecimento doméstico no Brasil

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Coliformes totais	1.000 por 100 ml	5.000 por 100 ml	20.000 por 100 ml
pH	6,0 a 9,0	Não há referência	6,0 a 9,0
DBO₅ dias a 20°C	< 3 mg L ⁻¹	< 5 mg L ⁻¹	< 10 mg L ⁻¹
OD	< 6 mg L ⁻¹	> 5 mg L ⁻¹	> 4 mg L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal	Não há referência	Não há referência	1 mg L ⁻¹
Nitrato	10 mg L ⁻¹	Não há referência	10 mg L ⁻¹
Fosfato total	0,025 mg L ⁻¹	Não há referência	0,025 mg L ⁻¹

Fonte: Brasil (2011i).

Já o efluente resultado do processo de biodigestão da fossa séptica apresenta uma composição média conforme descrito na Tabela 4. Uma vez que o processo de biodigestão anaeróbica da fossa

não elimina os elementos químicos, é de se esperar a mesma concentração de nutrientes no esgoto direto e no efluente.

Tabela 4 – Descrição da análise química do efluente da fossa séptica biodigestora

Variável	Limites encontrados por Faustino (2007)	Valores médios
pH	8,1 - 8,7	8,24
DBO (mgO ₂ L ⁻¹)	190 - 411	283
N.Nitrato (mgN L ⁻¹)	0,6 - 3,3	2,02
N. Amoniacal (mgN L ⁻¹)	269 - 562	458
N. Total (mgN L ⁻¹)	287 - 614	536
Fosfato Total (mgPO ₄ L ⁻¹)	39 - 67	46
Potássio (mgK L ⁻¹)	109 - 134	125

Fonte: Faustino (2007).

Entretanto, os mesmos elementos descritos anteriormente como nocivos aos cursos d'água por promoverem sua poluição (fosfato total, nitrato, entre outros) são, por outro lado, muito úteis para o crescimento e produção das plantas. Tais elementos são os principais componentes dos fertilizantes agrícolas. Desta maneira, uma vez que a fossa é proposta para ser construída na área rural, cuja principal atividade econômica é a produção agrícola e o processo anaeróbico da fossa séptica biodigestora não elimina tais elementos químicos, eles podem ser aproveitados na adubação de lavouras, com economia no uso de fertilizantes químicos. Além disto, o efluente da fossa promove melhoria do pH do solo e contém micronutrientes, além de causar um aumento de produtividade e ter um produto com características mais “orgânicas”, que é um produto cada vez mais procurado pelos consumidores, e que inclusive possuem uma remuneração superior aos alimentos “convencionais”. Segundo Souza e Alcântara (2011) os produtos orgânicos apresentam uma remuneração em média 30% superior aos produtos convencionais. Entretanto, deve-se ressaltar que, para manter um produto reconhecidamente com características orgânicas há custos adicionais relacionados a fiscalização pelas entidades que possuem selos de garantia. Assim, o lucro associado a esta característica, além de depender de outras atividades do produtor (que não somente o uso do efluente líquido e redução de insumos convencionais) deve ser avaliado pelo produtor e não é objeto de análise em relação a esta tecnologia.

Para análise do impacto econômico do efluente no que se refere a redução de custos para o produtor agrícola foram considerados os dados da análise química do efluente descrita na Tabela 4. A concentração destes mesmos nutrientes nos adubos químicos é descritos nas suas fórmulas comerciais. A economia de adubo foi calculada considerando o preço médio do fertilizante (preço importação mais a tarifa) necessário para obter a mesma quantidade de nutriente existente no efluente da fossa séptica biodigestora. Para isto foram utilizados os valores de importação dos principais fertilizantes importados no Brasil em 2009. A Tabela 5 descreve tais valores, assim como a concentração aproximada dos nutrientes em cada um dos produtos e a participação das importações dos fertilizantes descritos no valor total de importação de adubos e fertilizantes no Brasil naquele ano. Adicionalmente, a tabela descreve a tarifa de importação de cada produto e o

percentual que é importado em relação ao total de fertilizantes químicos importados o Brasil em 2009.

Tabela 5 – Preço e tarifa de importação para os fertilizantes químicos e o preço equivalente do nutriente principal para o ano de 2009

Código NCM	% do nutriente	Dados de importação em 2009	Tarifa de importação	Preço + tarifa valor das importações de fertilizantes totais		
		Mil toneladas	1.000 dólares	(R\$/ton)		
Uréia	45% N	1.940	512.460	130	6%	13%
Superfosfato	48% P	859	205.429	143	6%	5%
Cloreto de potássio	62% K	3.417	2.060.524	981	0%	53%
Participação da importação dos fertilizantes descritos acima em relação ao total de fertilizantes importados em 2009			71%			

Fonte: Brasil (2011g) e Brasil (2011h).

Nota: para transformação dos preços em dólares descritos na fonte de dados para valores em reais foi utilizada a taxa de câmbio média do ano de 2009 (1,99 reais por dólar, descrito no Banco Central, Brasil, 2011a). O nutriente Nitrogênio é denominado “N”; o fósforo é “PO4” e o potássio é representado pela letra “K”.

Observa-se que os três itens selecionados (uréia, superfosfato e cloreto de potássio) corresponderam a 71% das importações de fertilizantes no país, o que mostra a importância destes produtos para a adubação no país. Além do preço de importação mais a tarifa, que é considerado como preço básico, ou seja, sem margens de transporte e comércio e impostos domésticos, estes itens foram considerados para compor o preço pelo qual o produtor paga o fertilizante (preço ao consumidor). A distinção entre preço básico, que é o preço que o produtor doméstico receberia pelo

produto, e o preço ao consumidor é comumente utilizada nas informações da matriz insumo produto³. Assim, considerando as informações deste documento do ano de 2005 (ano mais recente), e para o produto que inclui este fertilizante (produtos químicos inorgânicos) encontrou-se que estes itens correspondem a 14% do preço básico. Este percentual foi então somado ao preço básico para compor o preço pago pelo consumidor.

De posse das informações descritas neste item foram calculados os indicadores de análise de impacto descritos na Tabela 2. Entretanto, tais impactos não são os únicos a atingirem a sociedade brasileira. Para avaliar o encadeamento destes impactos sobre os demais setores da economia, os choques iniciais analisados como resultados do uso da fossa séptica biodigestora foram inseridos na matriz insumo produto da economia brasileira. A metodologia utilizada para esta avaliação é descrita no item 3.2.

3.2 Metodologia para identificar os impactos na sociedade

O instrumental de avaliação neste item considera todos os encadeamentos entre os setores da economia. A análise parte da matriz de coeficientes técnicos derivados da matriz de insumo produto da economia brasileira. Esta matriz representa as relações de demanda intermediária e é descrita na forma matricial como “A”. Assim, pode-se descrever o valor da produção de uma economia como sendo:

$$AX + Y = X \quad (1)$$

onde, as matrizes “X” e “Y” são, respectivamente, as matrizes de valor bruto da produção e de demanda final.

De acordo com Miller & Blair (1985), os resultados sobre o valor da produção da economia são obtidos da seguinte forma:

$$X = (I - A)^{-1} * Y \quad (2)$$

onde $(I - A)^{-1}$ é o multiplicador de impactos de efeitos direto e indireto, conhecida como a matriz inversa de Leontief. A matriz I é uma matriz identidade obtida pela manipulação algébrica da equação (1).

É a partir da matriz inversa de Leontief que se obtêm os chamados multiplicadores de impactos de um choque na economia. Tais multiplicadores de impactos são os efeitos diretos do choque tecnológico proposto, assim como os indiretos (a jusante e a montante da cadeia produtiva). Além dos impactos diretos e indiretos na sociedade, pode-se também obter os impactos de efeito renda, que corresponde ao aumento de demanda das famílias resultados dos impactos diretos e indiretos. Assim, para obter os resultados desta variação na demanda final sobre o valor da produção da economia considerando o efeito renda, adicionamos um setor na matriz insumo-produto. Assim, a economia fica com setores. Este setor adicional constitui-se da demanda das famílias e os resultados indicam quanto as famílias aumentaram ou reduziram seu consumo em função de aumento de renda provocado pelos impactos diretos e indiretos do choque inicial. Ao se utilizar a matriz com setores tem-se, além dos impactos diretos e indiretos, o impacto derivado do efeito renda das famílias. Ou seja, se os impactos diretos e indiretos ocasionaram um aumento na renda das famílias, estas irão aumentar o consumo promovendo o aumento na produção dos setores que oferecem os produtos finais consumidos por elas. O inverso também é verdadeiro, ou seja, se

3 A Matriz Insumo Produto é um documento das Contas Nacionais do país. Este documento também foi utilizado para fazer a análise dos impactos na sociedade brasileira descrita no próximo item (3.2).

impactos diretos e indiretos reduzirem a renda das famílias, ocorrerá uma redução também no consumo das mesmas impactando negativamente a economia. Neste caso, a matriz inversa de Leontief é obtida a partir de uma matriz de coeficientes técnicos, onde se considera a endogeneização no consumo das famílias, de modo que o multiplicador setorial é definido a partir da matriz.

Analogamente ao descrito anteriormente, para estimar o valor total de produção da economia que é acionado para atender a variação na demanda final é descrita como:

(3)

Na situação a ser avaliada neste trabalho os seguintes choques ocorreram na economia considerando o cenário proposto de completo tratamento do esgotamento na área rural: (i) redução no coeficiente de importação de fertilizantes químicos na agricultura e equivalente aumento no valor adicionado desta última; (ii) aumento na demanda dos setores relacionados a construção da fossa séptica biodigestora apresentada no item anterior e; (iii) aumento na demanda final das famílias ocasionado por dois fatores: (a) a sua economia com fertilizantes químicos e; (b) ao aumento no PIB em função da redução nas “DALYs” descritas no item anterior. Além disto, a economia do setor de saúde pública pode ser utilizada para melhoria neste próprio setor. Este item, entretanto, não foi considerado como um choque na economia neste trabalho.

Os valores destes choques iniciais calculados sobre a economia devem ser inseridos na matriz insumo produto a preços básicos. Como já descrito anteriormente, preços básicos são os preços pagos pelos consumidores (preço ao consumidor) dos produtos descontados: a margem de transporte; margem de comércio e impostos sobre o produto. Isto é necessário para evitar dupla contagem uma vez que a matriz separa tais margens e impostos em itens específicos, não incluídos nos setores produtivos. O preço dos fertilizantes descritos no item 3.1 já está a preços básicos, mas o aumento na demanda final das famílias ocasionado pela economia com o mesmo faz-se a preço de consumidor. Para isto este valor foi transformado a preço ao consumidor utilizando as margens percentuais obtidas pelas informações das tabelas componentes da matriz insumo produto de 2008 do Brasil (IBGE, 2011b). Para transformar os demais valores obtidos com preço ao consumidor para preços básicos uma estratégia semelhante foi feita: foram obtidos os percentuais das margens e impostos sobre o preço ao consumidor e subtraídos tais percentuais para obtenção dos valores a preço básico.

Os choques descritos nos itens (ii) e (iii) são alterações no vetor $Y (\clubsuit Y)$, que é o vetor da demanda final, composto pelas famílias, governo, investimentos, exportações e variação de estoque. O item (i) altera o coeficiente de importação do setor “Agricultura, silvicultura, exploração florestal”, assim como o coeficiente do valor adicionado deste setor. O impacto deste choque (i) foi estimado considerando o cenário com a alteração destes coeficientes subtraído do cenário sem a alteração nos coeficientes, para toda a demanda final da economia brasileira em 2008. Os choques (ii) e (iii) foram construídos no cenário com os coeficientes alterados, conforme descrito no item (i).

Foi utilizado o multiplicador direto e indireto (descrito na equação 2) para estimar o choque do item iii uma vez que este choque já se constitui em um choque de renda das famílias. O mesmo foi feito para o item i, pois um dos efeitos na renda das famílias (iii.a) é derivado deste choque. Já os impactos do choque de demanda proveniente da construção da fossa (item ii) foram calculados utilizando o multiplicador direto, indireto e de efeito renda, conforme descrito na equação (3).

O valor do choque de demanda referente ao aumento no PIB em função da redução nas “DALYs” foi calculado considerando o percentual das despesas de consumo final e investimento das Famílias no valor do PIB da economia. Este percentual foi calculado considerando as Contas

Econômicas Integradas (CEI) do Brasil para o ano mais recente (IBGE, 2011b). Isto foi feito uma vez que nem todo o PIB do país é recebido pelas famílias e nem todo valor do PIB recebido pelas famílias é consumido (parte é poupado).

A análise foi feita considerando o quanto a economia será impactada nas variáveis: valor da produção, PIB, emprego, remuneração e importação considerando tais mudanças. Uma vez que o governo deverá ter um gasto para construção das fossas, foi também estimado o impacto líquido na economia, qual seja, considerando o aumento no valor bruto da produção total subtraído dos gastos do governo.

Os impactos foram calculados utilizando a matriz insumo produto do Brasil do ano de 2008, estimada com base nas tabelas de produção e de recursos e usos das Contas Nacionais do país naquele ano (IBGE, 2011b).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram divididos em duas partes. Inicialmente, com base nos dados encontrados na revisão de literatura, foram estimados os choques diretos do melhoramento no saneamento rural nos gastos do governo para atingir este propósito e seus impactos nas áreas da saúde, do ambiente, e da renda do produtor rural levando em conta o uso do efluente da fossa proposto como ferti-irrigação (item 4.1). A seguir (item 4.2), com base nestes choques foram estimados os demais impactos sobre toda a economia brasileira.

4.1 IMPACTOS ESTIMADOS DO SANEAMENTO NA ZONA RURAL

A análise da adoção do sistema de saneamento utilizando a fossa séptica biodigestora em relação à ausência de tratamento de esgoto identificada em grande parte da área rural do Brasil ou a substituição das atuais fossas rudimentares encontrou como possíveis impactos estimados na sociedade aqueles descritos na Tabela 6. Para estimar tais impactos foram utilizadas informações de fontes secundárias, assim como de informações das pesquisas revisadas no item 3.1 (os valores utilizados foram descritos na Tabela A.1 do Anexo, além das informações das Tabelas 4 e 5). Os impactos descritos foram de ordem social (número de mortes e doenças evitadas pela melhoria da condição sanitária), ambiental (volume de poluentes que deixaram de ser despejados nos cursos d'água) e econômica (custo das instalações das fossas; perdas econômicas decorrentes dos impactos sociais e redução de custos equivalente ao uso do efluente da fossa como fertilizante agrícola). A análise destes impactos é discutida de maneira conjunta neste item.

Tabela 6 – Valores anuais dos impactos sociais, ambientais e econômicos da instalação de fossas sépticas biodigestoras na população rural com tratamento sanitário inadequado

ANÁLISE SOCIAL	número de pessoas
Redução anual das mortes por diarreia	2,592
Redução anual das doenças diarréicas	5,544,779
ANÁLISE AMBIENTAL	1.000 toneladas
Redução no volume de DBO nos cursos d'água	249
Redução de nutrientes lançados	173
ANÁLISE ECONÔMICA	milhões de reais
Custo anual de instalação das fossas	647
Ganhos:	1,115

Ganhos de renda (PIB) anual por causa da doença evitada	637
Redução nos gastos com fertilizantes	348
Realocação nos gastos de saúde	130

Fonte: resultados da pesquisa.

Quanto ao investimento necessário para construção da fossa, tem-se o custo total estimado em R\$ 647 milhões ao ano, considerando sua vida útil de 10 anos. Este valor é comparável ao recurso financeiro investido na prevenção da dengue pelo controle do inseto vetor no país, que, segundo dados de Ministério da Saúde (Brasil, 2011d), foram de cerca de R\$ 700 milhões em 2009. Entretanto, segundo dados da OMS (2004), o número de mortes no país por dengue foi de apenas 400, ou seja, 1,4% do número de mortes provocadas por doenças diarreicas no país, no mesmo ano. Considerando que o investimento nas fossas sépticas ainda apresenta benefícios ambientais e econômicos para o produtor rural, tal investimento pode causar retornos para a sociedade ainda superiores aos que poderiam ser obtidos pelo controle do *Aedes aegypti* (inseto vetor da dengue). Isto não significa dizer que o Ministério da Saúde deve deixar de investir no controle da dengue para investir no controle da diarreia na zona rural, mas sim que ambos devem ser tratados com igual importância, o que não é observado visto o alto percentual da população rural sem tratamento ou com tratamento de esgoto precário (Figura 4).

Em relação à característica social, estima-se que com a melhoria no sistema sanitário da área rural haja uma redução de cerca de: 2.592 mortes e 5.544.779 pessoas com doenças diarreicas por ano. Este é um impacto de grande importância social uma vez que preserva vidas humanas as quais, na sua maioria, são de crianças de menos de 5 anos de idade.

Comparando estes números com outras doenças tem-se que o número de casos novos de dengue no Brasil em 2008 foi de 556.224 (Brasil, 2011d). Ou seja, 10% do número de casos de doenças diarreicas. Segundo dados da OMS (2004), o número de mortes por meningite no Brasil em 2004 foi um pouco menor do que o número de mortes evitadas por diarreia descrita anteriormente (4,4 milhões de pessoas).

Os gastos com saúde para cuidar dos casos de diarreia foi estimado, individualmente, pelo percentual do gasto do Ministério da Saúde com atenção básica e os valores per capita dos gastos com saúde federal, estadual e municipal. Este valor foi de R\$ 83,71 per capita. Entretanto, segundo dados da UNICEF (2011), apenas 28% das crianças com diarreia recebem tratamento. Assim, o tratamento do esgoto rural ainda não tratado originaria, considerando apenas o percentual de crianças tratadas uma economia de recursos na área de saúde de R\$130 milhões (que corresponde a 20% do custo anual de instalação das fossas), que podem ser canalizados para tratamento de outras doenças melhorando as condições de saúde da população e reduzindo ainda mais o número de anos improdutivos ocasionados por outras doenças (DALY).

Transformando ainda este número de doenças diarreicas evitadas em DALYs (anos improdutivos) evitados considerando apenas as perdas por doença (ou seja, foram retirados da conta o número de DALYs referentes a morte prematura), tem-se um total de 38 mil anos evitados pelo tratamento das fossas estimado neste trabalho. Uma vez que as doenças diarreicas atingem mais crianças, estas perdas ocasionam perdas escolares ou de trabalho dos pais que precisam cuidar de seus filhos. Entretanto, foi utilizada como uma maneira de mensurar tais perdas, o PIB per capita do país para 2009. Assim, obteve-se um valor de R\$ 637,28 milhões para tais perdas provocadas pela doença (98% do custo anual de instalação das fossas).

No caso dos impactos ambientais e do impacto econômico direto para o produtor rural, dois casos diferentes devem ainda ser considerados para análise dos impactos: (1) uso completo do

efluente da fossa como ferti-irrigação em culturas agrícolas ou; (2) efluente não utilizado e despejado nos cursos d'água.

Considerando o primeiro cenário, onde todo o efluente é utilizado para fertilização de culturas agrícolas, não há qualquer descarga dos resíduos nas águas e, portanto, tem-se uma redução média equivalente a 249 mil toneladas de DBO ao ano. Além de toda esta carga de demanda por oxigênio lançada nos cursos d'água, ainda seriam reduzidos o lançamento de 124 mil toneladas de Nitrogênio; 18,6 mil toneladas de fósforo e 29,8 mil toneladas de potássio. Todo este volume de nutrientes que deixa de ser lançado e que contribuiria para o desenvolvimento de algas na água, promove, neste sistema, o aumento da produtividade agrícola, gerando retornos econômicos para o produtor rural.

O volume de adubo que pode deixar de ser importado neste caso é equivalente a concentração dos nutrientes descritos anteriormente. Assim, considerando a concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos principais adubos importados, descritos na Tabela 5, a utilização de todo efluente como fertilizante poderia levar a uma redução de: 276 mil toneladas de uréia; 38 mil toneladas de superfosfato e 48 mil toneladas de cloreto de potássio. Considerando o preço de importação (com tarifa) descrito na Tabela 5, isto corresponderia a uma economia de importação pelo produtor rural de 173 milhões de dólares. Este valor corresponde a apenas 4% do total de adubos e fertilizantes importados no país em 2009 (cerca de 4 bilhões de dólares). Entretanto, esta economia, correspondente a 348 milhões de reais (taxa de câmbio média em 2009 foi de 1,99 reais por dólar) em fertilizantes torna-se um valor significativo considerando o custo anual de instalação das fossas, estimado em 647 milhões (53% do custo anual de instalação das fossas).

Se, por outro lado, tivermos o cenário 2 de ausência de uso do efluente como fertilizante, os benefícios ambientais e econômicos, apesar de continuarem existindo, são significativamente reduzidos. Do lado ambiental, a redução de lançamento do volume de DBO cai de 249 para 178 mil toneladas de DBO ao ano e a redução de custos do produtor com os fertilizantes químicos deixa de existir. Uma vez que não são utilizados na produção agrícola, todo o volume de nutrientes contabilizado é lançado nos cursos d'água contribuindo para a eutrofização dos mesmos.

4.2 IMPACTOS ESTIMADOS NA SOCIEDADE BRASILEIRA

Como descrito anteriormente, para obter uma análise dos impactos da fossa séptica biodigestora como tratamento sanitário para a população rural sobre a economia brasileira, deve-se considerar os valores de choques nos principais setores impactados por esta tecnologia. Os valores foram transformados em preços básicos retirando os percentuais relativos a margens de transporte, comércio e impostos sobre os produtos, conforme o percentual observado na planilha de produção de 2008 do IBGE (IBGE, 2011b). Apenas no setor de demanda final das famílias que o preço pago ao consumidor não foi transformado, pois o valor da economia feita é a preço de consumidor. O percentual da Renda Disponível Líquida das Famílias (consumo final e investimento) no valor do PIB da economia calculado com base na CEI para o ano de 2006 (dado mais recente) foi de 71,6% (IBGE, 2011b). Assim, do valor de R\$637 milhões adicionados em PIB em função de doença evitada na economia, as famílias irão gastar o equivalente a R\$ 456,4 milhões.

Assim, os novos valores de choque são descritos na Tabela 8. Apenas no setor de demanda final das famílias que o preço pago ao consumidor não foi transformado pois não corresponde mais a demanda de fertilizantes mas sim distribuído conforme a participação de cada setor na sua demanda das famílias. Assim, os choques a preço básico foram: (i) redução na importação de

adubos e fertilizantes e do uso do mesmo no setor de agropecuária, em R\$307 milhões, o que reduz o coeficiente de importação dos fertilizantes e aumento no coeficiente de valor adicionado da agropecuária; (ii) aumento na demanda das famílias no montante equivalente a economia com a compra de adubos e fertilizantes e com o aumento no PIB proveniente do ganho de anos produtivos pela redução na DALY, somando um total de R\$804,72 milhões e (iii) aumento dos gastos do governo para construção da fossa, dividido da seguinte maneira entre os setores da economia: 49% para o setor “outros produtos de minerais não metálicos” (R\$232,49 milhões); 46% para o setor “artigos de borracha e plásticos” (R\$240,04 milhões); 1% para o setor “tintas, vernizes, esmaltes e lacas” (R\$5,75 milhões) e; 3% para o setor “produtos e preparados químicos diversos” (R\$18,52 milhões)⁴.

Tabela 8 – Valores dos choques iniciais sobre a economia calculados no item 4.1 e como foram inseridos para estimar os impactos na matriz insumo produto

Setores ou agente impactado	Onde foi dado o choque	Preço ao consumidor	Preço básico
		Em milhões de reais	
Outros produtos de minerais não metálicos	Demanda Final ^{1/}	317,66	232,49
Artigos de borracha e plásticos		299,03	240,04
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas		8,00	5,75
Produtos e preparados químicos diversos		22,30	18,52
Aumento na demanda final das famílias ^{2/}		346 ⁵ +456,4	346 ⁵ +456,4
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	Importação e Valor adicionado ^{2/}	347,94	307,09

Fonte: resultados da pesquisa.

Nota: ^{1/} foi utilizado o multiplicador descrito na equação (3) para estimar os impactos na economia; ^{2/} foi utilizado o multiplicador descrito na equação (2) para calcular os impactos na economia.

Os valores dos impactos sobre o valor da produção da economia brasileira, considerando os impactos diretos, indiretos e de efeito renda produzidos pelos choques são descritos na Tabela 9. Assim, além das mortes e da poluição evitada, a cada ano (considerando a tecnologia fixa, referente ao ano de 2008) o PIB do país aumenta em mais de R\$1.6515 milhões; a remuneração dos empregados aumenta em cerca de R\$588 milhões; a importação reduziria em R\$342 milhões, contribuindo para o superávit da balança comercial do país; e são criados mais de 51 mil novos postos de emprego. Subtraindo do custo anual com a construção das fossas (R\$647 milhões) o aumento no valor da produção da economia (R\$3.036 milhões), tem-se que a economia tem um ganho líquido de R\$2.389 milhões.

Portanto, considerando apenas algumas variáveis mensuráveis economicamente, no item anterior foi estimado que a cada R\$1,00 investido na construção das fossas na área rural o retorno é de R\$1,72. Já considerando os encadeamentos na economia, este retorno passa a ser de R\$4,69. Em

4 O custo da fossa e os percentuais de participação de cada setor neste custo foram calculados considerando orçamento feito na cidade de São Carlos, em fevereiro de 2011, para os materiais necessários para sua construção. Estes materiais podem ser obtidos em Embrapa (2006).

5 Do valor economizado pelas famílias pelo consumo de fertilizantes foi retirado o percentual da poupança em relação ao valor da renda bruta disponível das famílias calculado com base nos dados do IBGE (2010). Este valor foi de 0,59% para 2006 (ano mais recente).

termos de ganhos de renda, a cada R\$1,00 investido tem-se um retorno de R\$2,55 em Produto Interno Bruto (PIB).

Tabela 9 – Impactos diretos, indiretos sobre o valor da produção de toda economia considerando os choques descritos na Tabela 8 (milhões de reais)

Valor bruto da produção	Remuneração	PIB	Importação	Emprego (número)
3.036	588	1.651	(122)	51.473

Fonte: resultados da pesquisa.

Diante deste cenário positivo da implementação da fossa séptica biodigestora pelos órgãos públicos na área rural do país, a seguir são elaboradas algumas conclusões e recomendações gerais extraídas deste estudo.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou uma característica de subdesenvolvimento do país e a frágil situação sanitária diante de outros países considerados menos desenvolvidos. A alternativa para melhorar tal situação sanitária que é a proposta da fossa séptica biodigestora mostrou impactos sociais, ambientais e econômicos positivos para o Brasil. Mais do que isto, uma compilação de diversos estudos mostrou a relação entre o saneamento, saúde pública e meio ambiente procurando quantificar estes impactos relacionando-os com a realidade do atual sistema de tratamento de esgoto na área rural do país. Este resultado é importante para incentivar órgãos públicos a realizarem os investimentos aqui propostos.

Entretanto, para alcançar plenamente tais impactos, deve-se criar uma conscientização em relação ao uso do efluente gerado. Assim, identificou-se a necessidade de mais estudos sobre o efeito do efluente no solo e na produção agrícola, assim como a disseminação destas informações para os usuários da fossa. Uma cartilha indicando o volume do efluente que pode ser utilizado em substituição a determinada quantidade de adubo ou fertilizante químico ou calcário, assim como informações mais precisas dos seus benefícios é altamente recomendado e estimularia aos adotantes da fossa a obterem os ganhos potenciais desse sistema, conforme estimado neste estudo.

Este estudo colaborou ainda em outros dois aspectos. Primeiro, mostrando a importância de uma análise conjunta de aspectos sociais, ambientais e econômicos para a avaliação das tecnologias, e procurando mensurá-las em uma mesma unidade de medida, quando possível. Se não fosse isto, não se obteriam impactos econômicos positivos da tecnologia avaliada. Ainda assim, deve-se considerar que sempre pode haver fatores importantes e que não são passíveis de mensuração econômica, como o número de mortes evitadas. O segundo aspecto a ser considerado neste estudo refere-se à avaliação dos impactos na sociedade considerando os encadeamentos entre os setores produtivos. A matriz insumo produto já é utilizada com este propósito em outros estudos, entretanto, aqui ela foi utilizada não somente com impactos de demanda final, mas mostrando que também pode ser utilizada em outros choques, como na alteração em coeficientes de importação e de valor adicionado. O trabalho de alteração na matriz insumo produto para avaliação de diferentes tecnologias, que podem alterar diferentes características da matriz é algo que pode ser explorado em estudos futuros.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BALTAZAR, J.; BRISCOE, J.; MESOLA, V.; MOE, C.; SOLON, F.; VANDERSLICE, J. & YOUNG, B. Can the case – control method be used to assess the impact of water supply and sanitation on diarrhoea? A Study in the Philippines. **Bulletin of the World Health Organization**, 66 (5): 627-635. 1988.
- BRASIL. Banco Central do Brasil. Taxas de câmbio. Cotações e Boletins. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao>. Acesso em 15 de fevereiro de 2011a.
- BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2009/e0602.def>. Acesso em 23 de janeiro de 2011b.
- BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2009/e020.html>. Acesso em 23 de janeiro de 2011c.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/informe_epidemiologico_semana_1a52_09_revisado.pdf. Acesso em 08 de fevereiro de 2011d.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Indicadores de Morbidade. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2009/d0201.def>. Acesso em 20 de janeiro de 2011e.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Indicadores de Mortalidade. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?idb2009/c14.def>. Acesso em 20 de janeiro de 2011f.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio - MDIC. Comércio Exterior. Tarifa Externa Comum. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br//sio/inter/inter.php?area=5&menu=1848>. Acesso em 08 de fevereiro de 2011g.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio – MDIC. Comércio Exterior. Estatísticas de Comércio Exterior. Aliceweb. Disponível em: <http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>. Acesso em 08 de fevereiro de 2011h.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA no. 20, de 18 de junho de 1986. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em 31/01/2011i.
- BRISCOE, J. Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento. Su funcion en La revolucion de La supervivencia infantil. **Boletin of Sanit Panam**. 103 (4). 1987.
- DASILVA, W.T.L. **Contato pessoal**. 2011.
- ESREY, S.A. Water, Waste, and Well-Being: A Multicountry Study. **American journal of Epidemiology**. Vol. 143, n. 6. 1996.
- ESREY, S.A.; FEACHEM, R.G. & HUGHES, J.M. Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children: improving water supplies and excreta disposal facilities. **Bulletin of the World Health Organization**, 63 (4): 757-772. 1985.
- ESREY, S.A.; POTASH, J.B.; ROBERTS, L.; SHIFF, C. Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. **Bulletin of the World Health Organization**. 69 (5): 609-621. 1991.
- FAO. Aquastat. Disponível em: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/factsheets/aquastat_fact_sheet_bra_en.pdf. Acesso em: 13 de janeiro de 2011.
- FAUSTINO, A.S. Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo. Dissertação de Mestrado: UFSCar. 2007.
- HELLER, L. **Saneamento e Saúde**. OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde. 1997.

- IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Banco de Dados Agregados. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/pnadpb.asp?o=3&i=P>. Acessado em: 20 de janeiro de 2011a.
- IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Download. Estatísticas. Contas Nacionais. Sistemas de Contas Nacionais. 2008. Acessado em: 15 de fevereiro de 2011b.
- JAMISON, T.D.; BREMAN, J.G.; MEASHAM, A.R.; ALLEYNE, G.; CLAESON, M.; EVANS, D.B.; JHA, P.; MILLS, A.; MUSGROVE, P. **Disease Control Priorities in Developing Countries**. Second edition. The World Bank. 2006.
- NOVAES, A. P. ; SIMOES, M. L. ; INAMASU, R. Y. ; JESUS, E. A. P. ; MARTIN-NETO, L. ; SANTIAGO, G. ; DA SILVA, W. T. L. Saneamento Básico na Área Rural. In: Claudio Spadotto; Wagner Ribeiro. (Org.). **Gestão de Resíduos na Agricultura e na Agroindústria**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 262-275. 2006.
- OKUN, D.A. The value of water supply and sanitation in development: na assessment. **American journal of Public Health**. Vol. 78, n. 11. November 1988.
- OMC & UNICEF. **Diarrhoea: Why children are still dying and what can be done**. 2009.
- OMS & UNICEF. **Progress on Sanitation and Drinking-Water**. 2010 Update. 2010.
- OMS. Health statistics and health information systems. Disponível em: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/tools_national/en/index.html. Acessado em: 25 de janeiro de 2011.
- OMS. **The global burden of disease: 2004 updata**. 2004.
- DA SILVA, W.T.L.; KUROKI, V.; ALMEIDA, L.F.; NOVAES, A.P. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodegestor anaeróbico para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. Artigo enviado para revista Química Nova. **Mimeo**. 2011.
- SOUZA, A.P.O.; ALCÂNTARA, R.L.C. Produtos orgânicos: um estudo exploratório sobre as possibilidades do Brasil no Mercado Internacional. Planeta Orgânico. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/trabAnaPaula.htm>. Acesso em 20 de janeiro de 2011.
- SPERLING, M.V. Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamentos de efluentes líquidos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol. 13. N.1. Jan./Mar. 1998. P. 111-132.
- UNICEF. Estatística de saúde. Disponível em: <http://www.unicef.org/sowc09/statistics/tables.php>. Acesso em 10 de março de 2011.

ANEXO

Tabela A.1 – Organização de algumas das informações obtidas de fontes secundárias necessárias para avaliação dos impactos estimados no estudo

Variável	Fonte	Ano de referência	Valor
Número de pessoas na zona rural cujo esgoto não é tratado (mil pessoas, em 2009)	IBGE (2011a)	2009	23.019
Número de pessoas na zona urbana cujo esgoto não é tratado (mil pessoas, em 2009)	IBGE (2011a)	2009	33.442
Custo unitário médio de uma fossa séptica biodigestora (casa com 5 pessoas), mil reais	Embrapa Instrumentação	2011	1,4
Número de pessoas servidas por uma fossa	DaSilva (2011)		5
Vida útil da fossa (anos)	DaSilva (2011)		10
Número de óbitos por diarreia no Brasil	WHO (2004)	2004	28.900
% das mortes com diarreia causadas por falta de esgoto tratado (= redução % de mortes por melhorias no tratamento de esgoto)	Esrey et. al. (1991)		0,22
PIB per capita (2009)	IBGE (2011a)	2009	16.679
DALYs por diarreia (1000)	OMS (2004)	2004	434
Participação média dos anos perdidos com morte precoce no cálculo da DALY	OMS (2004)		60%
Número de pessoas infectadas por morte	OMS (2004)	2004	0,05%
Custo médio do SUS por pessoa tratada com diarreia (R\$/pessoa para pediatria)	Brasil (2011b); Brasil (2011c)	2008	83,71
% menores de cinco anos com diarreia que recebem reidratação oral e alimentação continuada no Brasil	UNICEF (2011)		0,28
Volume de água na descarga por pessoa (L)/dia	DaSilva (2011)		30
Volume de DBO no esgoto, mg*L ⁻¹	DaSilva (2011)		1000
Redução % de DBO pelo tratamento	DaSilva (2011); Faustino (2007)		0,72
1.000 L irrigação/ano no Brasil	FAO (2011)		31.700.000.000
Taxa de câmbio	Brasil (2011a)	2009	1,99