

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO**

VASCONCELOS REIS WAKIM

**VALORAÇÃO AMBIENTAL: USO DO MÉTODO DOSE-
RESPOSTA NA MENSURAÇÃO DO IMPACTO NA
LUCRATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO NA
MICRORREGIÃO DE FORMOSO DO ARAGUAIA-TO**

**Palmas, TO
2010**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Palmas

W149v Wakim, Vasconcelos Reis
Valoração Ambiental: Uso do método dose-respostana mensuração do impacto na lucratividade da produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia, TO. / Vasconcelos Reis Wakim. – Palmas, 2010.
89 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Tocantins,
Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio.
Orientador: Prof. Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa.

1. Valoração Ambiental. 2. Método Dose-Resposta. 3. Disponibilidade Hídrica.
I. Título.

CDD 633.18

Bibliotecária: Heloisa dos Santos Brasil
CRB/2: 1158

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO**

VASCONCELOS REIS WAKIM

**VALORAÇÃO AMBIENTAL: USO DO MÉTODO DOSE-
RESPOSTA NA MENSURAÇÃO DO IMPACTO NA
LUCRATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO NA
MICRORREGIÃO DE FORMOSO DO ARAGUAIA-TO**

Dissertação de Mestrado *Stricto Sensu* apresentada à Fundação Universidade Federal do Tocantins - UFT, para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, sob orientação do professor Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa.

**Palmas, TO
2010**

VASCONCELOS REIS WAKIM

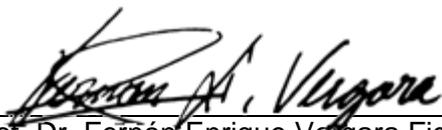
**VALORAÇÃO AMBIENTAL: USO DO MÉTODO DOSE-RESPOSTA NA
MENSURAÇÃO DO IMPACTO NA LUCRATIVIDADE DA PRODUÇÃO DE ARROZ
IRRIGADO NA MICRORREGIÃO DE FORMOSO DO ARAGUAIA-TO**

Dissertação de Mestrado *Stricto Sensu* apresentada à Fundação Universidade Federal do Tocantins - UFT, para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, sob orientação do professor Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS - UFT

Data de Aprovação 11/06/2010

Banca examinadora:



Prof. Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa
Universidade Federal do Tocantins (UFT)
Orientador



Prof. Dr. Adriano Nascimento da Paixão
Universidade Federal do Tocantins (UFT)



Prof. Dr. Oscar de Moraes Cordeiro Netto
Universidade de Brasília (UNB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Tocantins (UFT) pela grande oportunidade concedida para cursar o mestrado e poder expandir e agregar novos conhecimentos.

Aos meus pais, Lídice e Renato, à minha irmã Daniele e sobrinho Arthur que foram alicerce na concretização deste objetivo. À minha esposa, Elizete, que com muito, amor, carinho, compreensão e, principalmente, paciência, contribuiu e incentivou significativamente a conclusão desta dissertação.

Ao meu orientador, Prof. Fernán Vergara, pelos ensinamentos e apoio. Aos professores do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Universidade Federal do Tocantins, que contribuíram para a minha formação acadêmica. Ao Prof. Adriano Firmino pelas inúmeras sugestões para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Ao Prof. Adriano Paixão, que contribuiu muito na fase da qualificação da dissertação, sem o qual, eu não teria evoluído.

Aos grandes amigos conquistados no mestrado, Erna e Granja, que foram grandes companheiros de discussões e que me ajudaram na construção do conhecimento.

Ao Departamento de Ciências Contábeis e Jurídicas (DCCJ) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela liberação e incentivo para a conclusão desta dissertação.

E a todos que de alguma maneira contribuíram, de forma direta ou indireta, para a conclusão deste tão almejado sonho.

A todos, os meus sinceros agradecimentos!

WAKIM, Vasconcelos Reis. **Valoração Ambiental:** Uso do método dose-resposta na mensuração do impacto na lucratividade da produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia - TO. 2010, 85 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio). Fundação Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, TO, 2010.

RESUMO: A valoração ambiental é uma ferramenta utilizada para mensurar os impactos ambientais, bem como para quantificar os bens ambientais. Atualmente, existem diversos modelos de valoração ambiental, como por exemplo: dose-resposta, valoração contingente, entre outros que utilizam técnicas específicas para valorar o recurso natural, bem como o impacto causado ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi mensurar o impacto na lucratividade da produção de arroz irrigado da Microrregião de Formoso do Araguaia, no Estado do Tocantins, que é composta pelas cidades de Lagoa da Confusão, Dueré e Formoso do Araguaia, caso ocorram mudanças na disponibilidade hídrica. Foram simulados dois cenários: um otimista e outro pessimista, cujas variáveis - área plantada, preço de venda, preço de custo - mantiveram-se constantes, variando-se apenas a variável disponibilidade hídrica. No cenário otimista, a variável disponibilidade hídrica ficou definida como 8,49 m³/h/hectare e no cenário pessimista a disponibilidade hídrica foi definida como 0,87 m³/h/hectare. Foi utilizado o Método Monte Carlo, com um total de 10.000 interações, como ferramenta estatística para determinar a Função Densidade de Probabilidade do Lucro Total e, por consequência, determinar a probabilidade de ocorrência do resultado em cada cenário proposto. No cenário otimista, após a simulação, obteve-se um lucro médio de R\$ 29,7 milhões de reais. O lucro estimado neste cenário ficou na classe de (R\$10.000) a R\$ 10.000, com uma probabilidade de ocorrência de 66,78%, sendo que o maior lucro projetado foi de R\$ 47,2 milhões, com uma chance de ocorrência de apenas 0,22%. O menor lucro simulado no otimista foi de (R\$49,8) milhões de reais, com uma probabilidade de 0,85%. A maior frequência de lucro no otimista ficou na classe de R\$0,00 a R\$10.000, com 2.866 ocorrências, significando 28,66% de probabilidade de ocorrência. Já no cenário pessimista, o lucro médio estimado ficou em torno de R\$ 22,1 milhões de reais. A projeção do lucro ficou na classe de (R\$10.000) a R\$10.000 com uma probabilidade de ocorrência de 70,85%. O maior lucro estimado neste cenário foi de R\$ 35,2 milhões de reais com uma probabilidade de ocorrência de apenas 0,11%. O menor valor simulado no pessimista foi de (R\$35,2) milhões, com uma probabilidade de 0,09%. A maior frequência de lucro no pessimista ficou na classe de R\$0,00 a R\$10.000, com 3.581 ocorrências, significando 35,81% de probabilidade de ocorrência. Pode-se concluir que houve uma redução do lucro médio do cenário otimista para o pessimista de aproximadamente 25,6%. A redução da lucratividade da produção de arroz irrigado pode ser explicada pelo surgimento de doenças no arrozal, como, por exemplo, a brusone na panícula, pela falta de água, seja pelos longos períodos de estiagem, ou pela grande concorrência pelo uso das águas. Nos resultados da simulação, verificou-se que apenas a variável água não é suficiente para explicar a redução no lucro da produção de arroz irrigado da Microrregião de Formoso do Araguaia, TO, sendo necessário utilizar e oscilar outras variáveis no modelo proposto. Portanto, devem-se realizar novos estudos para verificar quais outras variáveis, além da disponibilidade hídrica, podem influenciar na redução ou no aumento da lucratividade da produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia.

Palavras-Chave: Valoração Ambiental; Método Dose-Resposta; Disponibilidade Hídrica.

WAKIM, Vasconcelos Reis. **Environmental Valuation:** Use of dose-response method for measuring the impact on the profitability of irrigated rice production in the microregion of Formoso do Araguaia - TO. 2010, 85 f. Dissertation (Masters in Regional Development and Agribusiness). Fundação Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, TO, 2010.

ABSTRACT: The environmental valuation is a tool used to measure the environmental impacts and to quantify the environmental goods. Currently there are several models of environmental valuation, such as: dose-response, contingent valuation, among others who use specific techniques to value the natural resource as well as the impact on the environment. The objective of this study is to measure the impact on the profitability of rice production in irrigated Microregion Formoso do Araguaia, state of Tocantins, which consists the cities of Lagoa da Confusão, Dueré, and Formoso do Araguaia, If changes occur in water availability. Were simulated two scenarios: one optimistic and another pessimistic, whose variables: planted area, sales price and cost price remained constant, varying only the variable water availability. In the optimistic scenario the variable water availability was set to 8.49 m³/h/hectare in the pessimistic scenario and water availability was defined as 0.87 m³/h/hectare. We used the Monte Carlo method, with a total of 10,000 interactions, such as statistical tool to determine the Probability Density Function of Total Income and therefore determine the probability of the outcome in each proposed scenario. In the optimistic scenario, after the simulation we obtained an average profit of \$ 29.7 million reais. The estimated profit at this stage was in class (R\$ 10,000) to R\$ 10,000 with a probability of 66.78%, with the largest projected profit was R\$ 47.2 million with a chance of occurrence of only 0.22%. And the smallest gain simulated by the optimistic was (R\$ 49.8) million reais with a probability of 0.85%. The higher frequency of profit in the optimist was in class from R\$0.00 to R\$10,000 with 2866 occurrences, meaning 28.66% probability of occurrence. In the pessimistic scenario, the average profit was estimated at around R\$ 22.1 million reais. The projection of the profit was in class (R\$ 10,000) to R\$ 10,000 with a probability of 70.85%. The highest estimated profit in this scenario was R\$ 35.2 million reais with a probability of only 0.11%. The lowest value simulated in the pessimistic was (R\$35.2) million with a probability of 0.09%. The higher frequency of the pessimistic profit was in class from R\$0.00 to R\$10,000 with 3581 occurrences, meaning 35.81% probability of occurrence. It can be concluded that there was a reduction of the average profits from the optimistic scenario for the pessimistic scenario of about 25.6%. The reduction of the profitability of irrigated rice production can be explained by the emergence of diseases in the rice fields, for example, the panicle blast, lack of water is by long periods of drought and the great competition by use of waters. In the simulation results, it appeared that only the variable water is not sufficient to explain the reduction in profit of rice production in irrigated Microregion Formoso do Araguaia, Tocantins, being necessary to use other variables in the swing model. Therefore, we must conduct further studies to see what other variables, besides water availability, can influence the reduction or increase in the profitability of irrigated rice production in the microregion of Formoso do Araguaia.

Keywords: Environmental Valuation; Dose-Response Method; Water availability

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Valor Econômico Total e Modelos de Valoração Ambiental.	15
Figura 2 - Fluxograma representativo do processo de decisão de outorga.	34
Figura 3 – Divisão Hidrográfica Brasileira.	35
Figura 4 – Região Hidrográfica do Tocantins – Araguaia	36
Figura 5 - Mapa da bacia do Rio Formoso em sub-bacias.	42

QUADROS

Quadro 1 - Divisão da bacia do Rio Formoso em sub-bacias.....	41
Quadro 2 - Área de lavoura que utilizam irrigação conforme as sub-bacias.....	46
Quadro 3 - Resumo dos Cenários Otimista e Pessimista.....	66

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição dos cadastros conforme finalidade.....	43
Gráfico 2 - Distribuição dos cadastros conforme finalidade de utilização das águas da Bacia do Rio Formoso	44
Gráfico 3 - Demandas para irrigação distribuídas por sub-bacias na bacia do rio Formoso .	47
Gráfico 4 - Demandas distribuídas mensalmente na bacia do rio Formoso.....	47
Gráfico 5 - Curva Normal e de Distribuição de Frequência Acumulada Cenário Otimista	58
Gráfico 6 - Curva normal e da distribuição de frequência acumulada no cenário pessimista	63

TABELAS

Tabela 1 - Receita Total referente à produção de arroz irrigado na Microrregião de Formoso do Araguaia, TO	54
Tabela 2 - Área plantada (ha) e produção (t) de arroz irrigado na Microrregião de Formoso do Araguaia, TO	55
Tabela 3 - Preço de custo da produção de arroz irrigado.....	55
Tabela 4 - Dados do Cenário Real da Microrregião de Formoso do Araguaia.....	56
Tabela 5 - Intervalo de confiança no Cenário Otimista a 95%.....	58
Tabela 6 - Intervalos de classes da amostra do Cenário Otimista.....	59
Tabela 7 - Estatística descritiva do Lucro Estimado Cenário Otimista.....	60
Tabela 8 - Intervalo de confiança no Cenário Pessimista a 95%.....	63
Tabela 9 - Intervalos de classes da amostra para o Cenário Pessimista	64
Tabela 10 - Estatística descritiva do Lucro Estimado Cenário Pessimista.....	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Geral.....	3
1.1.2 Específicos	4
1.2 Justificativa	5
2 ECONOMIA AMBIENTAL NEOCLÁSSICA	8
2.1 Economia Neoclássica.....	8
2.2 Bens Públicos e Externalidades.....	9
2.3 Valoração Econômica Ambiental	13
3 MÉTODOS DE VALORAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS.....	17
3.1 Mensuração de Passivos Ambientais.....	17
3.2 Modelos de Valoração Econômica dos Impactos Ambientais	18
3.2.1 Método de Valoração Contingente.....	19
3.2.2 Método do Custo de Viagem.....	20
3.2.3 Método dos Preços Hedônicos	22
3.2.4 Método da Re-localização.....	23
3.2.5 Método da Prevenção/Mitigação.....	24
3.2.6 Método da Despesa de Proteção.....	25
3.2.7 Método da Produtividade Marginal ou Dose-Resposta.....	25
4 OS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E A BACIA DO TOCANTINS- ARAGUAIA	31
4.1 A Legislação Brasileira dos Recursos Hídricos	31
4.2 Plano de Recursos Hídricos.....	32
4.3 Outorga de Recursos Hídricos	32
4.4 Bacias Hidrográficas Brasileiras.....	35
5 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.....	39
5.1 Plano de Bacia do Rio Formoso.....	39

5.2 Caracterização da Bacia	39
5.3 Caracterização dos Usos Múltiplos Atuais das Águas.....	43
5.3.1 Usos Consuntivos	45
6 METODOLOGIA	49
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
7.1 Condição Atual	54
7.2 Cenário Otimista	56
7.3 Cenário Pessimista	61
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
Apêndice A – Construção do cenário otimista para simulação das probabilidades de ocorrência do lucro a partir da oscilação positiva do recurso hídrico.....	76
Apêndice B – Construção do cenário pessimista para simulação das probabilidades de ocorrência do lucro a partir da oscilação negativa do recurso hídrico	78

1 INTRODUÇÃO

A partir do século XVIII, a natureza sofreu uma grande devastação, superior ao total até então destruído em um século. Os recursos naturais estão se deteriorando com uma velocidade gigantesca em virtude do modo de exploração das empresas (HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999).

As empresas preocupam-se em aumentar sua participação de mercado e, conseqüentemente, em alavancar as receitas para maximizar os lucros. Além disso, a crescente demanda da população por produtos e serviços leva a uma grande quantidade de geração de resíduos, tanto na produção, quanto no consumo.

Os resíduos gerados causam sérios problemas à sociedade e ao meio ambiente, porque são depositados ou liberados no ecossistema geralmente sem nenhum tratamento adequado e, dependendo do rejeito, possuem uma vida útil de decomposição extremamente elevada.

As discussões sobre os impactos ambientais são uma questão de caráter público. Tais discussões não se restringem aos elementos A ou B que podem ser extintos em virtude de sua má utilização ou de uma utilização excessiva, mas trata-se da discussão sobre o fim do sistema que gera e mantém a vida no planeta – o meio ambiente.

Hawken, Lovins e Lovins (1999, p. 9) afirmam que:

Quase toda deterioração social e no ecossistema é produto do emprego economicamente dissipador dos recursos humanos e naturais, porém as estratégias de produtividade dos recursos podem praticamente deter a degradação da biosfera, tornando-a mais rentável para empregar as pessoas e, assim, evitar a perda dos sistemas vivos indispensáveis e da coesão social.

O sistema industrial atual necessita de diversas empresas gerando fontes de energia capazes de manter suas atividades, as quais consomem e geram produtos

químicos tóxicos, nocivos à saúde humana e que, de alguma forma, também serão prejudiciais ao meio ambiente.

A sociedade possui um longo histórico de degradação ambiental, especialmente no que se refere ao solo, aos recursos hídricos e às florestas. Essa atividade de degradação está causando sérios declínios nos diversos ecossistemas do planeta.

Os problemas com o meio ambiente nem sempre foram uma preocupação do homem, contudo nos últimos anos, a busca por fontes alternativas de combustíveis renováveis, a preservação dos rios de água doce e, principalmente, o aumento da temperatura do planeta vêm trazendo aos cientistas o desafio de encontrar uma forma de minimizar ou estagnar o processo de degradação do meio ambiente e com isso reduzir os efeitos deste processo sobre a sociedade.

Segundo Hawken, Lovins e Lovins (1999), quanto mais a globalização avançar e, à medida que a disponibilidade *per capita* de água, solo agriculturável e alimentos reduzem, as possibilidades de entraves regionais aumentam em virtude desse desequilíbrio ambiental.

O crescente aumento da população mundial e, conseqüentemente, o uso cada vez maior dos recursos naturais poderão levar a um grande problema sócio-econômico-ambiental e também a problemas de mercado, setor em que a demanda poderá ser maior que a oferta de bens e serviços ambientais. Isso diminui o bem-estar da população, principalmente no que se refere à disponibilidade de água potável para o consumo humano.

Do total de água disponível no planeta, 97% são águas salgadas e apenas 3% são doces. Segundo a CETESB (2009), do total disponível de água doce, apenas 0,01% encontra-se nos rios e lagos, principais fontes de abastecimento de

água; já o restante, encontra-se nos lençóis freáticos, aquíferos, geleiras e calotas polares.

Mesmo diante desse cenário de escassez de água, o homem por meio de técnicas de produção em larga escala, buscando sempre a maximização do lucro, provoca danos aos recursos hídricos e a outros recursos naturais. Isso se dá por intermédio da poluição, tornando os recursos impróprios para o ser humano, aumentando ainda mais os custos ambientais e principalmente os sociais.

Os impactos causados ao meio ambiente, especialmente aos recursos hídricos e ao solo, demandam determinado período de tempo para que seu estado volte a estar próximo ao que era antes do fato poluidor e, mesmo assim, em certos casos, jamais voltará a ser exatamente o que era antes.

A má qualidade da água ou a sua escassez poderá trazer sérios problemas no que diz respeito ao seu uso para a irrigação das lavouras, logo, afetará a produção e a produtividade e, por consequência, o resultado econômico final.

Sendo assim, diante desse cenário, procurou-se responder o seguinte problema de pesquisa: Qual o impacto na lucratividade da produção da microrregião de Formoso do Araguaia quando há uma diminuição ou aumento da disponibilidade de recursos hídricos para serem utilizados na irrigação das lavouras?

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

O objetivo principal deste estudo foi avaliar monetariamente o impacto na lucratividade da produção de arroz irrigado da microrregião de Formoso, em decorrência de uma variação na disponibilidade de recursos hídricos.

1.1.2 Específicos

- Avaliar os métodos de valoração ambiental;
- Escolher o melhor método de valoração para avaliar o impacto no resultado da produção;
- Avaliar a situação hídrica da região;
- Simular dois cenários (otimista e pessimista) para verificar qual o impacto no resultado da produção de arroz irrigado no Tocantins, em virtude da variação da disponibilidade hídrica da bacia do Rio Formoso para a utilização na irrigação.

1.2 Justificativa

A valoração ambiental é uma ferramenta de extrema importância para valorar os bens naturais ou para mensurar os danos ambientais causados por agentes poluidores que degradam o meio ambiente. A ação do homem em explorar os bens naturais até o seu esgotamento produz impactos significativos nas atividades agrícolas e nas demais atividades que dependem desse ativo ambiental para produzir novos produtos.

Os recursos hídricos podem ser considerados como principal insumo utilizado pelos agricultores para produzirem novos produtos.

No entanto, quando esse recurso sofre alterações em quantidade ou em qualidade, prejuízos são inevitáveis. Havendo uma redução na disponibilidade de água, os usuários desse bem poderão entrar em constantes conflitos pelo uso da água, pois poderá haver alguém que tentará usar mais do que lhe é permitido pela outorga de uso da água determinada pelo órgão ambiental e isso causará problemas aos demais usuários e ao corpo hídrico.

Além do problema da escassez, outro agravante é a qualidade da água. Uma má condição da água pode gerar também, aos agricultores, prejuízos financeiros em virtude de não poderem irrigar a plantação.

Mensurar esses impactos não é uma tarefa fácil, uma vez que são bens com características próprias, os quais muitas vezes não possuem substitutos na sua eventual ausência. Por isso, a referida tarefa demanda do pesquisador um grande esforço devido à complexidade dos modelos existentes.

Se houver uma redução na disponibilidade de água, seja por assoreamento dos rios ou, devido a longos períodos de estiagem, em virtude das mudanças

climáticas provocadas pelo atual sistema de produção, a atividade agrícola poderá sofrer sérios prejuízos financeiros.

Tais prejuízos terão efeitos em cadeia, pois haverá, em uma situação de escassez de água, com uma possível redução da área plantada, que conseqüentemente produzirá uma redução da produção e da produtividade. Associado a esses fatores, poderá ocorrer também um aumento no custo de produção. Isso poderá levar a uma redução na oferta, o que implicaria em um preço de venda mais elevado para o consumidor final.

Além de ocorrerem essas mudanças na produção, a escassez do recurso hídrico poderá levar a um aumento na demanda pela pouca água existente. Isso poderia ocasionar aumento nos conflitos de interesse entre todos os usuários dos recursos hídricos.

Torna-se importante utilizar um método para verificar o efeito das oscilações da disponibilidade hídrica sobre a lucratividade da produção. A utilização do método de valoração ambiental Dose-Resposta justifica-se no sentido de simular os lucros/perdas prováveis, pois, havendo uma variação na disponibilidade de água, isso implicaria diretamente em uma resposta na produção, na produtividade e conseqüentemente na lucratividade. De acordo com Abad (2002), o dose-resposta pertence ao grupo das funções de produção, pois ele valora o bem ambiental como insumo na produção de outro bem final.

Diante desse contexto, sabendo-se que os recursos hídricos são um fator de produção escasso, este estudo torna-se importante no sentido de apresentar na forma de cenários, positivos ou negativos, os impactos que o lucro decorrente da produção de arroz irrigado poderá sofrer, principalmente, se houver uma escassez de recursos hídricos.

Portanto, este estudo é relevante, uma vez que a partir da simulação de cenários, poderão estimar-se essas possíveis situações, principalmente a de escassez de água, a qual proporcionará grandes impactos, não apenas aos agricultores, mas, principalmente, à sociedade, que terá que pagar preços mais elevados para obter-se o produto.

2 ECONOMIA AMBIENTAL NEOCLÁSSICA

2.1 Economia Neoclássica

A Economia Neoclássica (ENC) trouxe para o ambiente econômico uma nova visão de como explicar a valoração dos recursos ambientais. Ela explica que os valores determinados inicialmente são reflexos das preferências e dos custos de produção.

A ENC substituiu a ideia de escassez absoluta e introduziu a da escassez relativa. Com essa mudança de ênfase conceitual, estruturou o desenvolvimento do bem-estar econômico com base nos bens e nos serviços naturais.

É importante ressaltar que o meio ambiente e o meio econômico estão diretamente ligados e devem viver em perfeita simbiose, pois o desequilíbrio nessa relação pode ocasionar sérios problemas ambientais e, conseqüentemente, econômicos.

Marques e Comune (2001, p. 23) afirmam que “a necessidade de estimar valores para os ativos ambientais atende as necessidades de adoção de medidas que visem à utilização sustentável do recurso”.

A degradação dos recursos e dos serviços naturais pelo homem demonstra que o mercado não é capaz, sozinho, de assimilar os impactos e de corrigi-los. Ele necessita de outras forças atuando em prol do bem-estar da população.

De acordo com Ponciano, Souza e Mata (2008, p. 3):

A questão econômica fundamental, não está atrelada apenas a ação de produzir e consumir, com alocação dos recursos escassos da sociedade, mas sim em utilizar estes recursos de forma a minimizar a depredação dos recursos naturais, com o comprometimento da sustentabilidade e a deterioração da qualidade do meio ambiente.

Os serviços ambientais são definidos por Marques e Comune (2001, p. 24) como “qualquer serviço que contribua para a melhoria do bem-estar, do padrão de vida e para o desenvolvimento econômico e social”.

Vale ressaltar que é importante uma correta avaliação dos bens ambientais, pois os preços econômicos não retratam o seu verdadeiro valor, porque segundo Marques e Comune (2001), os mercados não conseguem destinar com eficiência os recursos, ou seja, diferenciar entre custos privados e sociais.

Marques e Comune (2001, p. 29) afirmam que:

A economia do meio ambiente, que se alicerça nos fundamentos da teoria neoclássica, desenvolveu e aprofundou não somente conceitos e métodos para a valoração do meio ambiente, como também derivou importantes instrumentos de política, que vai do imposto “pigouviano” ao leilão de licenças para poluir, passando pelos subsídios, quotas, taxas, regulamentos e padrões fixados para o gerenciamento ambiental.

A política “Pigouviana” derivada da teoria neoclássica vem ganhando espaço entre gestores e políticos na implantação de medidas punitivas e/ou reguladoras no intuito de mitigar ou estagnar o processo de degradação do meio ambiente.

2.2 Bens Públicos e Externalidades

De acordo com Seroa da Motta (1998, p. 22) bens públicos são:

Aqueles bens cujos direitos de propriedade não estão completamente definidos e assegurados e, portanto, suas trocas com outros bens acabam não se realizando eficientemente através do mercado. Dessa forma, o sistema de preços é incapaz de valorá-los adequadamente.

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2006, p. 575), bens públicos são os “bens não exclusivos e não disputáveis onde o custo marginal de provê-los para um consumidor adicional é zero, e as pessoas não podem ser excluídas de seu consumo”.

Os bens públicos possuem duas características: a primeira, de ser não disputável e, a segunda, de ser não exclusivo. Segundo Pindyck e Rubinfeld (2006, p. 575-576), os bens não disputáveis são os “bens cujo custo marginal de produção é zero para um consumidor adicional” e os não exclusivos são “os bens que as pessoas não podem ser impedidas de consumir, de modo que venha a ser difícil ou impossível cobrar por uma utilização”.

Os recursos hídricos são bens públicos, por possuírem como característica principal a não exclusividade de uso e propriedade. A propriedade dos recursos hídricos compete à União e aos Estados, conforme prevêm os artigos 20 e 26 da Constituição Federal de 1988.

Segundo da Motta (2006, p. 182), “as externalidades estão presentes sempre que terceiros ganham sem pagar por seus benefícios marginais ou perdem sem serem compensados por suportarem o malefício adicional”.

Pindyck e Rubinfeld (2006, p. 556), definem externalidades como:

Ação de um produtor ou consumidor que afeta outros produtores ou consumidores, mas que não é considerada no preço de mercado. E por elas não considerarem o preço de mercado, elas podem indicar ou tornar-se em uma ineficiência econômica para a empresa.

Segundo Nunes (2009), as externalidades são atividades que englobam a imposição involuntária de custos ou de benefícios, os quais possuem efeitos positivos ou negativos sobre os agentes envolvidos. Uma vez que tais agentes tenham a oportunidade de impedi-los e o compromisso de pagá-los ou o direito de serem recompensados.

Faucheux e Noël (1997, p. 216), afirmam que os efeitos das externalidades são “positivos ou negativos, ou seja, perfeitamente simétrico: falar-se-á a partir daí de economia externa, se o efeito for positivo e de deseconomia externa se o efeito for negativo”.

Conforme Sousa (2010, p.1), as externalidades ocorrem:

Quando o consumo e/ou a produção de um determinado bem afetam os consumidores e/ou produtores, em outros mercados, e esses impactos não são considerados no preço de mercado do bem em questão. Note-se que essas externalidades podem ser positivas (benefícios externos) ou negativas (custos externos).

As externalidades positivas ou negativas causam benefícios ou custos sociais. Esse benefício ou custo deve ser valorado monetariamente para que o agente causador do dano possa compensar o prejuízo causado, à medida que efetua os pagamentos. Neste sentido, Prado (2007) afirma que as externalidades negativas levam o mercado a produzir acima do desejado, enquanto as externalidades positivas induzem produções abaixo do almejado.

Ponciano, Souza e Mata (2008, p. 4) comentam que:

Podemos ter externalidades negativas e positivas na atividade agropecuária. As primeiras estão relacionadas à situação específica de quando a ação de uma das partes impõe custos sobre a outra. [...] Por outro lado, as externalidades positivas referem-se a situações pouco comuns de quando a ação de uma das partes gera benefícios sobre a outra.

As externalidades, sejam positivas ou negativas, podem surgir da quantidade demandada por um bem, cujo determinado consumidor aumenta ou diminui conforme aumentam as aquisições feitas por outros consumidores (PINDYCK; RUBINFELD, 2006).

As externalidades negativas causam ineficiências no curto e no longo prazo, porque o custo médio da produção será inferior ao custo médio social. As positivas vão gerar para uma das partes envolvidas no processo, benefícios diretos devido a sua implantação.

Pode-se citar, como exemplo, o benefício gerado a propriedades vizinhas de um grande fazendeiro que contrata uma equipe de vigilância para vigiar sua

propriedade. Esta ação afastará os possíveis ladrões da vizinhança, gerando benefícios diretos aos demais produtores da mesma área.

Já as externalidades negativas podem ser controladas com a adoção de medidas preventivas e punitivas como:

(1) Padrão de Emissão de Poluentes, que é “o limite legal de poluentes que uma empresa está autorizada a emitir, caso ultrapasse sofre multas e até penalidades”; (2) Taxa sobre Emissão de Efluentes, que “é arrecadada sobre cada unidade de poluente emitido por uma empresa”; e (3) Permissões Transferíveis para Emissões, que “é o sistema de permissões negociáveis no mercado que são distribuídas entre as empresas e especificam o nível máximo de emissões que podem ser gerados” (PINDYCK; RUBINFELD, 2006, p. 560-563).

Para internalizar uma externalidade, segundo Faucheux e Noël (1997), é necessário preencher as lacunas existentes entre o custo social e o custo privado, isto é, obrigar o poluidor a pagar uma taxa pela quantidade de poluição causada.

A internalização das externalidades, conforme Coase (1960), citado por Faucheux e Noël (1997, p. 221):

Não pode vir senão de uma negociação bilateral entre emissor e vítima, ou seja, de uma discussão de preço entre os agentes econômicos em causa, desde que, esclarece o custo da organização dessa negociação não seja proibitivo e nunca ultrapasse o ganho social que dele pode-se esperar.

Faucheux e Noël (1997) comentam que a preocupação de Coase é com o caráter unilateral da solução fiscal proposta por Pigou, pois não resolveria o problema, ou seja, punir um elemento (A) por causar danos a uma outra pessoa (B), também causaria prejuízos a (B), e que a questão é se deveria permitir que (A) prejudique (B) e/ou vice-versa.

Lima e Viegas (2002) comentam que uma forma de eliminar as externalidades negativas é a internalização, pois isto implica no reconhecimento do impacto destas ações no resultado final de uma empresa, isto é, no lucro.

A disposição a pagar ou a receber por determinado dano causado é o ponto de equilíbrio das negociações das indenizações, que é o fundamento do teorema de Coase, mas que as indenizações não devem considerar os custos de transação, pois estes são elevados e podem superar os benefícios.

2.3 Valoração Econômica Ambiental

De acordo com Nogueira, Medeiros e Arruda (2000, p. 85):

Os métodos de valoração econômica ambiental são técnicas específicas para quantificar (em termos monetários) os impactos econômicos e sociais de projetos cujos resultados numéricos vão permitir uma avaliação mais abrangente.

A valoração econômica do meio ambiente é uma ferramenta extremamente complexa, porque os bens naturais não possuem um valor econômico de mercado e muito menos bens substitutos. Isso faz com que sua mensuração seja complexa.

Esses bens naturais, por não possuírem um preço de mercado, normalmente não possuem um mercado específico para serem negociados. Segundo Pugas (2006, p. 32), os “seus valores necessitam ser medidos e expressos em termos monetários, sempre que possível, de forma que possam ser comparados na mesma escala de outros bens e serviços comercializados em mercados tradicionais”.

A ausência de um preço de mercado e de um mercado propriamente dito para os bens ambientais causa lacunas no sistema, levando ao uso não sustentável desses recursos naturais, o que pode acarretar em extinção de algumas espécies e no aumento dos efeitos negativos sobre o clima do planeta.

A determinação do Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA) deve considerar todas as características econômicas e de valor dos recursos naturais, além de considerar que esses bens podem ou não estar associados a um uso. Cardoso (2005) comenta que o VERA divide-se em Valor de Uso e Valor de Não-

Uso. Que de acordo com Seroa da Motta (2006, p. 11) o VERA pode ser “decomposto em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU)”.

A fórmula do VERA é apresentada por Seroa da Motta (2006), sendo expressa por:

$$\text{VERA} = (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VE}$$

em que

VERA = valor econômico dos recursos ambientais;

VUD = valor de uso direto;

VUI = valor de uso indireto;

VO = valor de opção; e

VE = valor de não-uso ou valor de existência.

Segundo Seroa da Motta (2006, p. 12):

O VUD é o valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental pelo fato de que dele se utilizam diretamente. [...] o VUI é o valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental quando o benefício do seu uso deriva de funções ecossistêmicas. [...] o VO é o valor que o indivíduo atribui em preservar recursos que podem estar ameaçados, para usos direto e indireto no futuro próximo [...] e o VE é o valor que está dissociado do uso (embora represente consumo ambiental) e deriva de uma posição moral, cultural ética ou altruística em relação aos direitos de existência de outras espécies que não a humana ou de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para ninguém.

O valor de uso de um bem ambiental é aquele atribuído pelo usuário em decorrência de sua utilização. Pode ser de uso direto, proporcionando benefícios diretos aos usuários e de uso indireto, em que o bem, dentro de suas funções naturais, pode contribuir para que desastres ecológicos não aconteçam, por exemplo.

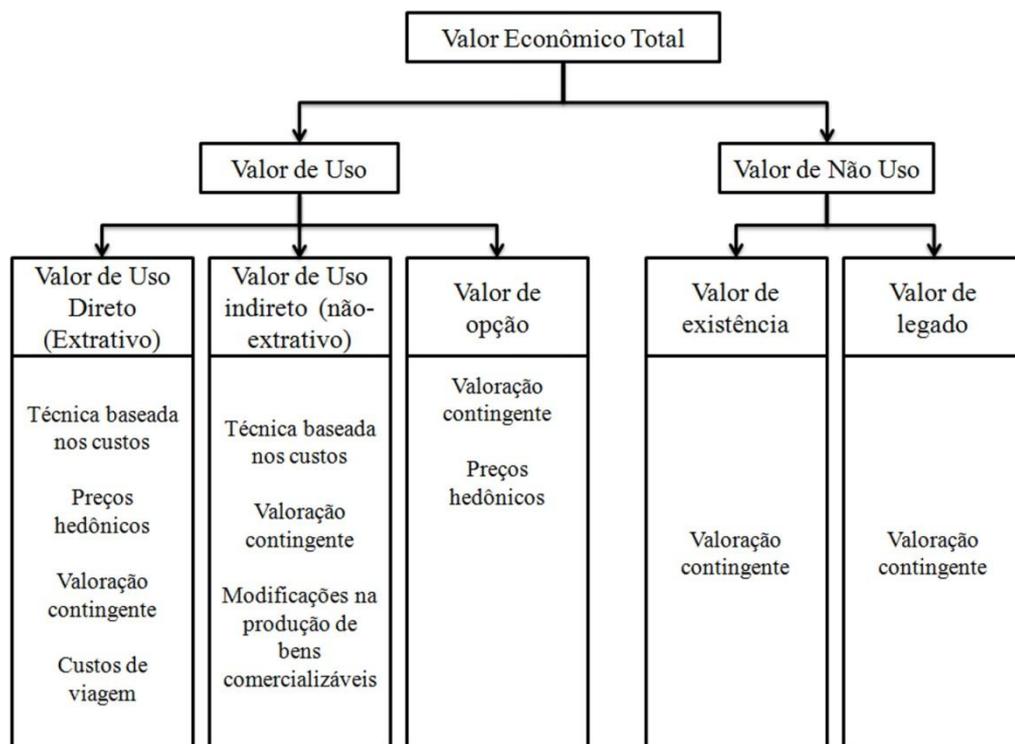
O valor de opção assemelha-se ao conceito de desenvolvimento sustentável, no qual o indivíduo opta por não utilizar este bem natural no presente para poder

preservá-lo para si mesmo ou para que outras pessoas, no futuro, possam desfrutar daquele mesmo bem.

O valor de existência de determinado bem ambiental é aquele atribuído, independentemente de sua utilização no presente ou no futuro. De acordo com Lima (2000, p. 197), “há vários motivos que o explicam desde o desejo de ofertar o meio ambiente para as gerações futuras até a simpatia por espécies ou animais, fundamentada no sentimento ético de direito à existência dos não humanos”.

A utilidade do bem está associada à sua capacidade de produzir benefícios, vantagens, prazer, felicidade, evitar desastres, entre outras características. De acordo com Lima (2000), o homem como ser econômico e racional procura sempre maximizar sua utilidade nas escolhas feitas, isto é, procura melhorar cada vez mais seu nível de bem estar (o prazer sobre a dor ou a receita sobre os custos).

A figura 1 apresenta a estrutura do Valor Econômico Total (VET) associada às técnicas de valoração ambiental existentes.



Fonte: Lima (2000, p. 199)

Figura 1 - Valor Econômico Total e Modelos de Valoração Ambiental

Diante do exposto, é possível notar que as técnicas de valoração ambiental permitem mensurar quaisquer impactos causados ao meio ambiente, desde que conhecidas as condições do dano ambiental, possibilitando traduzir os prejuízos ambientais em prejuízos financeiros.

3 MÉTODOS DE VALORAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS

3.1 Mensuração de Passivos Ambientais

A valoração de bens naturais não é uma tarefa fácil devido aos recursos ambientais possuírem características próprias e, na maioria dos casos, não possuírem um bem substituto à disposição da sociedade para suprir sua eventual falta.

Segundo Nogueira, Medeiros e Arruda (2000, p. 93), “não existe uma classificação universalmente aceita sobre as técnicas de valoração econômica ambiental”.

Almeida (2006, p. 361) comenta que “a valoração econômica de um recurso ambiental consiste em inferir em quanto melhorou ou piorou o bem-estar das pessoas devido às mudanças na quantidade de bens e serviços ambientais, seja na apropriação por uso ou não”.

Os recursos naturais são tratados como bens que não possuem valor financeiro, ou valor nulo e, que segundo Faucheux e Noël (1997, p. 46):

A solução é atribuir um preço a estes bens e serviços ambientais o que pode ser feito por diferentes métodos, ou encontrar processos sociais tais como o princípio poluidor-pagador, o qual permite avaliar monetariamente o custo da sobre-exploração de certos recursos naturais ou o da poluição.

Encontrar um valor monetário para os ativos e passivos ambientais vem ganhando em notoriedade e em importância no atual cenário mundial de poluição e degradação do meio ambiente. Portanto, valorar os recursos naturais torna-se um grande desafio para a sociedade global.

3.2 Modelos de Valoração Econômica dos Impactos Ambientais

As atividades econômicas desenvolvidas pelo homem, quando não realizadas de forma sustentável, podem gerar inúmeros problemas para o meio ambiente, além de causarem possíveis impactos na produção e na produtividade nas culturas desenvolvidas nas diversas regiões do Brasil e do mundo.

Existem atualmente diversos modelos utilizados para valoração dos bens e serviços ambientais, conforme apresentado a seguir. Os métodos de valoração ambiental são divididos em Métodos da Função de Produção e da Função de Demanda. São considerados métodos de função de demanda: Preços Hedônicos, Custo de Viagem e Valoração Contingente. Já os métodos de função de produção são: Dose-Resposta, Custo de Reposição, Custos Evitados e Custos de Controle.

De acordo com Seroa da Motta (1997, p. 14), os métodos da Função da Demanda

Estimam diretamente os valores econômicos (preços-sombra) com base em funções de demanda para estes recursos derivadas de (i) mercados de bens ou serviços privados complementares ao recurso ambiental ou (ii) mercados hipotéticos construídos especificamente para o recurso ambiental em análise. Utilizando-se de funções de demanda, estes métodos permitem captar as medidas de disposição a pagar (ou aceitar) dos indivíduos relativas às variações de disponibilidade do recurso ambiental. Com base nestas medidas, estimam-se as variações do nível de bem-estar pelo excesso de satisfação que o consumidor obtém quando paga um preço (ou nada paga) pelo recurso abaixo do que estaria disposto a pagar.

Os métodos da Função de Produção segundo Seroa da Motta (1997) utilizam-se dos preços de mercados de um determinado recurso ambiental ou serviço privado para estimar o valor econômico deste recurso natural. Com base nestes preços dos recursos privados, admitindo-se que não sofram alteração em virtude de variações, estimam-se indiretamente os valores econômicos dos recursos ambientais.

3.2.1 Método de Valoração Contingente

O Método de Valoração Contingente (MVC) é um dos critérios adotados para valorar economicamente os passivos ambientais. Na opinião de Silva, P. P. L. *et al* (1999, p. 254), o método de valoração contingente “estima o preço implícito das coisas através dos conceitos de substituição e complementaridade. É levado a efeito através de consulta popular e tratamento estatístico dos resultados desta consulta”.

Almeida (2006, p. 364) comenta que o MVC é um sistema aplicável em ocasiões em que não há dados de mercado, sendo que o pressuposto do modelo é que “os consumidores podem determinar e irão revelar sua disposição em pagar por bens ou serviços para os quais não existe mercado, se colocados diante de um mercado hipotético”.

O Método de Valoração Contingente implica no levantamento das preferências dos indivíduos, o qual servirá de fundamentação no processo de valoração. O MVC fundamenta-se na teoria econômica do excedente do consumidor.

Segundo Abad (2002, p. 23), o método da valoração contingente:

Baseia-se nos distintos graus de preferência ou gostos das pessoas, por diferentes bens e serviços, que se manifestam pelo que estas estão dispostas a pagar para obtê-los. O método estima os valores de Disposição a Pagar (Willingness – To – Pay / WTP) e Disposição a Receber (Willingness – To – Accept / WTA), com base nestas preferências individuais em mercados hipotéticos.

Seroa da Motta (2006) comenta que o Método de Valoração Contingente busca valorar em termos monetários o impacto sobre o bem-estar dos indivíduos em virtude de uma variação em termos quantitativos e qualitativos dos ativos ambientais, utilizando-se de dois critérios básicos: Disposição a Pagar (DAP) e Disposição a Aceitar (DAA).

Segundo Seroa da Motta (2006, p. 21), o MVC “estima os valores de DAP e da DAA com base em mercados hipotéticos, que são simulados por intermédio de pesquisa de campo”.

Duas perguntas básicas devem ser feitas ao entrevistado para identificar sua DAP e/ou DAA: 1) qual o valor máximo que o indivíduo está disposto a pagar para alcançar um ganho ou evitar uma perda; e 2) qual o valor mínimo que o indivíduo está disposto a receber para aceitar uma perda ou desistir de um ganho.

A aplicação do MVC é feita a partir de construção de cenários hipotéticos. Pugas (2006, p. 38) afirma que esse cenário “deve conter uma detalhada descrição do bem avaliado e sempre proceder às questões que irão captar a DAP do entrevistado”.

Barbisan et al (2009) utilizam o método de valoração contingente para mensurar a disposição a pagar da população de Passo Fundo, RS, para a recuperação de uma área. Apuraram um valor mensal da DAP entre R\$ 10.843,20 a R\$ 32.760,00 e anual entre R\$ 130.010,40 e R\$ 393.120,00.

No referido estudo, concluiu-se que a população da região de Passo Fundo não tem muita disposição a desembolsar valores a mais na renda para recuperar a área, mas que esta percepção muda, quando se apresenta aos usuários a possibilidade de valoração das propriedades em virtude da recuperação da área.

3.2.2 Método do Custo de Viagem

Esse modelo foi introduzido na literatura econômica no fim da década de 1950 por Wood e Trice e na década de 1960 por Clawson e Knetsch (BOTELHO, 2005). O Modelo de Custo de Viagem (MCV), segundo Almeida (2006), Seroa da Motta (2006) e Silva, P. P. L. *et al.* (1999), é o custo necessário para o deslocamento até

determinado parque ou sítio natural, onde as pessoas têm disposição em pagar para fazer a sua manutenção, isto é, a disposição máxima do visitante em pagar pelos serviços ambientais.

Seroa da Motta (2006) e Abad (2002) afirmam que a idéia principal do método do custo de viagem é a de que as despesas realizadas pelos indivíduos para se deslocarem a determinado lugar, normalmente para recreação, podem ser utilizadas para valorar os bens ou serviços ambientais.

Abad (2002, p. 20) comenta que:

O fundamento teórico do método é bem simples. Embora, normalmente, visitas a áreas naturais (parques, reservas, etc.) sejam gratuitas, ou seja, quando se exige o pagamento para entrar nestes lugares quase sempre o preço é simbólico, o visitante arca com várias outras despesas para o desfrute destas áreas, como por exemplo, custos de viagem. A idéia é, portanto, tentar estimar como variaria a demanda pelo bem ambiental (tomando, por exemplo, uma variação no número de visitas) perante mudanças nas despesas requeridas pelo desfrute da área em questão.

A partir dos dados obtidos com os usuários dos parques naturais, consegue-se estimar a Taxa de Visitação (V_i) e fazer uma correlação com os dados de Custo de Viagem (CV) de cada indivíduo da amostra com outras Variáveis Socioeconômicas (S_i), as quais podem ser definidas pela função:

$$V_i = f(CV, S_1, S_2, \dots, S_n)$$

em que

V_i = taxa de visitação;

CV = custo de viagem; e

S = variáveis socioeconômicas/geográficas.

Segundo Seroa da Motta (2006), quando se deriva f em relação à variação do CV, consegue-se obter f' que passa a ser a curva de demanda pelos serviços ambientais de recreação, conseguindo medir o aumento ou a redução do número de

visitantes quando há uma variação no custo da viagem, sendo que f' é a disposição a pagar pelo bem ambiental.

A valoração do custo de viagem é um método que aborda a preferência revelada dos usuários, pois os usuários que se dispõem a frequentar esses locais têm um dispêndio de dinheiro e de tempo para acessá-los e para desfrutarem do ambiente.

Seroa da Motta (1997) comenta que o MCV foi utilizado por Dixon e Sherman (1990) para valorar o Parque Nacional de Khao Yai, na Tailândia. Dixon e Sherman (1990) citado por Seroa da Motta (1997) afirmam que os benefícios financeiros originados do turismo para o parque geram em torno de 4 a 8 milhões de dólares e que, se houvesse a melhoria no serviços, isto implicaria em aumento de 17% ao ano no número de visitas.

3.2.3 Método dos Preços Hedônicos

O método de valoração ambiental pelos preços hedônicos surgiu na literatura econômica em 1967 e foi utilizado inicialmente por Ronald Ridker. Este é outro método para valoração econômica de bens e serviços ambientais que, segundo Almeida (2006), Seroa da Motta (2006) e Silva, P. P. L. *et al* (1999), busca valorar os impactos ambientais e os seus reflexos sobre o valor da propriedade afetada, mensurando quais os benefícios ou prejuízos que determinada atividade proporcionou.

Segundo Maia (2002), o Método dos Preços Hedônicos (MPH) faz um paralelo entre os atributos de determinado produto com seu preço de mercado. A sua aplicação pode ser feita a qualquer tipo de produto, contudo o método é mais utilizado para mensurar preços de propriedades afetadas.

Maia (2002, p. 10) afirma que o método de preços hedônicos “supõe que as características ambientais irão interferir nos benefícios dos moradores, afetando também o preço de mercado das residências”.

Segundo Silva (2008, p. 39) o referido método:

Através de procedimentos econométricos, mede a perda de valor de ativos ocasionada por degradação da qualidade ambiental. Por exemplo, o custo da poluição sonora do ar é pelo menos equivalente à depreciação dos preços de imóveis localizados em grande área de ruído ou poluição atmosférica.

O MPH utiliza-se de uma regressão linear de mínimos quadrados ordinários com o objetivo de ajustar e de minimizar os vieses que possam suceder da análise em virtude das variáveis que compõem o modelo. Consideram-se características estruturais, área construída, números de cômodos, características do local de construção, índices socioeconômicos, entre outros fatores que possam vir a influenciar positiva ou negativamente no preço de mercado da propriedade (MAIA, 2002).

Seroa da Motta (1997) comenta que o MPH foi aplicado por Garrod e Willis (1992), os quais, através daquele método, procuraram medir um impacto no preço das residências na Grã-Bretanha em virtude da presença de árvores. Foi identificado que o aumento de 1% na área de folhosas, mantendo-se as demais variáveis em preços médios o aumento no preço das residências alcançou quase US\$ 69,00, enquanto que a presença de coníferas apresentava uma redução de aproximadamente US\$ 226,00.

3.2.4 Método da Re-localização

O Modelo de Re-localização (MRL) trabalha com todos os custos necessários para realocar famílias que serão afetadas por algum tipo de impacto ambiental, uma vez que a área em que elas residem, será ocupada por outra atividade, devendo,

portanto, as famílias serem realocadas em outra região. O MRL é muito utilizado em situações de construção de barragens, nas quais é necessário deslocar grupos de famílias para outras regiões, em virtude da inundação da área em que vivem.

Almeida (2006, p. 362) afirma que Despesa de Re-localização “aborda o custo de realocar uma atividade produtiva cuja eficiência operacional no local de origem tenha sido prejudicada por mudança na qualidade do meio ambiente”.

Para Reis (2001, p. 21), “as despesas atuais de realocação de uma atividade física, em decorrência da mudança de qualidade do meio ambiente, são utilizadas para avaliar os benefícios potenciais (e custos associados) de prevenir esta mudança”.

Esse modelo não consegue valorar toda a extensão do impacto ambiental proporcionado pela mudança da qualidade do ambiente. Isto ocorre porque a capacidade de valoração daquele método limita-se apenas aos custos necessários para realocar os impactados.

3.2.5 Método da Prevenção/Mitigação

Esse método serve para avaliar o dano causado pela degradação ambiental, de acordo com os gastos que um indivíduo possa ter na tentativa de evitar um dano ambiental ou outras atividades ofensivas ao bem-estar humano ou ao meio ambiente.

Segundo Abad (2002, p. 22), o método da prevenção/mitigação “se baseia nos gastos investidos na recuperação de danos provocados por degradação na qualidade de algum recurso ambiental utilizado numa função de produção”.

Santana (2002, p. 26) comenta que “a metodologia dos custos de reposição é uma técnica que pode ser aplicada aos mercados ditos convencionais para se obter uma estimativa do valor da recuperação ambiental”.

Esse método é bastante utilizado em questões relacionadas ao solo, quando estas tratam do custo para mitigar os efeitos da erosão ou dos custos demandados para prevenirem-se os impactos no solo causados pela erosão do mesmo.

3.2.6 Método da Despesa de Proteção

Esse modelo pauta-se na ideia de valorar o impacto ambiental no custo necessário para que o mesmo fosse evitado, protegendo-o de qualquer risco decorrente da atividade humana.

Segundo Almeida (2006, p. 362), o Método da Despesa de Proteção (MDP) “consiste em identificar os comportamentos econômicos que reflitam indiretamente o valor pago para se proteger de algum dano ambiental”.

Nesse modelo, podem-se citar como exemplo de despesa com proteção, todos os custos necessários para preservar uma Área de Preservação Permanente (APP). Segundo a Resolução nº 303, de 20 de março de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu artigo 3º, inciso I e subsequentes, as APP's devem ser de no mínimo 30 metros de cada lado da margem do rio de mata nativa e isso garantirá a continuidade da vida das espécies da fauna e da flora que ali residem, bem como o contínuo abastecimento dos rios principais pelos seus afluentes.

3.2.7 Método da Produtividade Marginal ou Dose-Resposta

O Método da Produtividade Marginal (MPM), também chamado de Dose-Resposta (MDR), é um critério de valoração ambiental. Almeida (2006) e Seroa da Motta (2006) afirmam que esse modelo tenta medir as mudanças da produtividade dos sistemas em virtude de ações ambientais e identificar a correlação existente entre algumas variáveis e somente assim estimar o dano ambiental.

De acordo com Seroa da Motta (2006, p. 16), o método da produtividade marginal:

É classificado como um dos métodos de função de produção, o método da produtividade marginal assume que, dada a função de produção $P = f(Y, R)$, o valor econômico de R é um valor de uso dos bens e serviços ambientais e que para calculá-lo é necessário conhecer a correlação de R em f e, ainda, a variação do nível de estoque e de qualidade de R em razão da produção do próprio P ou de outra função de produção, por exemplo de T . Para tanto, estimam-se as funções de dano ambiental (funções dose-resposta – DR), onde: $R = DR(x_1, x_2, \dots, Q)$, sendo x_1, x_2, \dots , as variáveis que junto com o nível de estoque ou qualidade Q do recurso natural, afetam a disponibilidade de R . Assim, $DR = DDR/DQ$. As funções DR relacionam a variação do nível de estoque ou qualidade de R , com o nível de danos físicos ambientais provocados com a produção de P ou T para identificar o decréscimo da indisponibilidade de R para a produção de P .

Santana (2002, p. 25) comenta que “quando se faz referência ao MDR, deve-se pensar que o ar, a água ou a terra constituem insumo produtivo na produção de alguns bens privados”.

Abad (2002, p. 22) comenta que “o Método de Dose-Resposta pertence aos Métodos de Funções de Produção, ou seja, métodos que valoram o recurso ambiental pela sua contribuição como insumo na produção de um outro bem final”.

Segundo Silva (2008, p. 49) o método dose-resposta:

Atribui um valor ao uso da biodiversidade relacionando a quantidade ou a qualidade de um recurso ambiental diretamente à produção de outro produto com preço definido no mercado. O papel do recurso ambiental no processo produtivo será representado por uma função dose-resposta.

A função dose-resposta mensura o impacto ambiental na produção de determinada cultura, quando varia a produtividade marginal. Isto implicará na valoração do uso do recurso ambiental.

De acordo com Faucheux e Noël (1997, p. 274) “qualquer mudança nas condições ambientais vai-se traduzir nos custos de produção da empresa, nos preços e na quantidade do produto”.

O Dose-Resposta classifica-se entre os métodos de valoração indireta, em que se estimam o valor do recurso natural por meio de uma função produção. Conforme afirma Esperancini (2000), o método dose-resposta procura valorar uma poluição e um impacto mensurável a algum tipo de bem ambiental.

Diante do exposto, pode-se afirmar que o método da produtividade marginal ou dose-resposta tem como objetivo atribuir valor aos recursos naturais, associando a quantidade ou a qualidade desse bem à produção de outros bens que possuem preços no mercado. Maia (2002, p. 18) afirma que “esta função irá mensurar o impacto no sistema produtivo, dada uma variação marginal na provisão do bem ou serviço ambiental e, a partir desta variação, estimar o valor econômico de uso do recurso ambiental”.

Campos Júnior (2003) comenta que uma das formas de utilização para esse método seria na valoração da qualidade da água utilizada em empreendimentos aquáticos, nos quais a má qualidade do recurso hídrico gera impactos na disponibilidade de recursos naturais gratuitos disponíveis no meio ambiente e, conseqüentemente, perda de valor econômico.

Esperancini (2000, p. 5) comenta que:

A aplicação do método de função dose-resposta justifica-se quando: 1) as pessoas são inconscientes dos efeitos que a poluição causa e daí não se ajustam para melhorar seu bem-estar. Pode ocorrer que não se encontre uma relação significativa entre aumento da poluição e efeitos na saúde porque os indivíduos estão se ajustando preventivamente aos efeitos da poluição e 2) quando elucidar preferências por qualquer dos métodos diretos não é possível em razão da indisponibilidade de dados ou quando falta sofisticação de mercado por parte da população atingida.

O MPM fundamenta-se na relação da variação do volume do estoque com o grau do impacto que o recurso ambiental sofre, com o intuito de identificar o efeito dessa degradação no nível da produção econômica que utiliza este recurso ambiental como insumo (ABAD, 2002).

Os impactos ocorridos nos ativos ambientais, sejam na terra, no ar ou na água, podem causar aos produtores redução na produtividade marginal em virtude da má qualidade ou da indisponibilidade desses recursos.

O método dose-resposta é composto por duas etapas. A primeira consiste na elaboração da função dose-resposta, a qual permite identificar a relação entre a poluição e os seus impactos à produção. Quanto à segunda, ela fundamenta-se na identificação da mudança nas respostas, inclusive nas medidas paliativas que deverão ser traduzidas em termos econômicos (FAUCHEUX; NOËL 1997).

Nogueira, Medeiros e Arruda (1998, p. 16) relacionam erosão à produtividade e comentam que o método dose-resposta medirá “para diferentes níveis de erosão, existirão diferentes níveis de produção final. Isto é, para cada ‘dose’ de erosão do solo, existirá uma ‘resposta’ em termos de redução na quantidade produzida da cultura”. Os autores ainda afirmam que o método dose-resposta não se fundamenta na curva de demanda para alcançar diversos níveis de bem-estar.

A água é um dos insumos básicos para a produção de qualquer cultura. A partir do momento em que houver uma redução na quantidade disponível de água, seja pela diminuição das chuvas que abastecem os rios, seja pelo excesso de demanda, poderão ocorrer na agricultura, impactos significantes na produção, na produtividade e, como consequência, no lucro auferido.

É nesse sentido que a função dose-resposta fundamenta-se. Identifica-se a relação entre a variação no nível dos estoques ou nas suas qualidades e o nível de degradação do bem natural para identificar-se, posteriormente, o resultado dessa degradação em certo volume de produção que possui esse recurso natural como insumo básico na geração de outros produtos.

Nogueira, Medeiros e Arruda (1998, p. 16) comentam que o dose-resposta está relacionado à qualidade do bem ambiental, portanto, “mudanças na qualidade ambiental levam a mudanças na produtividade e custos de produção, os quais levam por sua vez a mudanças nos preços e níveis de produção, que podem ser observados e mensurados”.

A deficiência de água poderá ocasionar perdas na lucratividade. Para que se volte a auferir o lucro naturalmente, é necessário que o recurso natural volte próximo ao seu estado antes do fato gerador, e isto demanda tempo. Neste prazo, o produtor não conseguirá produzir nada em virtude da falta de água ou de sua má qualidade, gerando assim o lucro cessante.

O lucro cessante na visão de Hoog (2007, p. 57) é o lucro “que deixou de ser realizado por ato alheio à vontade da administração da empresa e passou a fluir em outra direção.”

Pearce (1993), citado por Araújo (2003, p. 35), afirma que “o método é teoricamente correto, mas pode haver erros da relação entre dose e resposta”. Faucheux e Noël (1997, p. 275) comentam que existem alguns problemas em relação ao método dose-resposta que são:

A complexidade das relações em causa e a dificuldade em conseguir dados científicos e técnicos necessários [...], além de não dá nenhuma avaliação em termos de consentimento em pagar ou em receber, na medida em que ele não integra nenhum aspecto respeitante ao comportamento dos agentes. Entretanto, cada vez que são incluídas as consequências do prejuízo ambiental sobre a procura dos produtos, deveria ser incluído um modelo de comportamento dos agentes econômicos na análise, o que raramente é feito.

Faucheux e Noël (1997, p. 274) explicam que o dose-resposta “trata-se, portanto, de fato, de uma apreciação das funções de prejuízos, que consiste em passar de uma função de prejuízos físicos a uma função de prejuízos monetários”.

Desse modo, o método dose-resposta é uma ferramenta que irá medir a variação na produtividade em decorrência de uma variação, positiva ou negativa, nos insumos básicos utilizados no processo de produção e que poderá proporcionar oscilações nos produtos finais.

Seroa da Motta (1997) comenta que o método dose resposta foi utilizado por Dixon e Hufschmidt para valorar corpos d'água a montante do Reservatório de Nam Pong na Tailândia, cujo objetivo era analisar o custo benefício do reservatório, além de estimar as perdas físicas e econômicas da erosão do solo.

Outra utilização do modelo foi feita por Narain, Urvashi e Fisher (1995), cujo objetivo foi avaliar o impacto da população de lagarto Anolis na produção de açúcar nas Antilhas. Foi identificado que a redução de 1% na população implicaria na redução de aproximadamente 2.420 toneladas (SEROA DA MOTTA, 1997).

4 OS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E A BACIA DO TOCANTINS-ARAGUAIA

4.1 A Legislação Brasileira dos Recursos Hídricos

A Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 foi sancionada a fim de instituir a Política Nacional dos Recursos Hídricos, criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, além de alterar o art. 21, inciso XIX, da Constituição Federal de 1988.

O art. 22 da CF/1988, em seu parágrafo único, determina que por força de “Lei complementar poderá autorizar os Estados a legislar sobre questões específicas das matérias relacionadas neste artigo”. Portanto, os Estados possuem autonomia para legislar sobre questões específicas, respeitando a hierarquia das leis, ou seja, uma lei estadual não pode sobrepor ou ser superior a uma lei federal.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) fundamenta-se nos preceitos de que a água é um bem limitado, com valor econômico e de uso comum da população. Em caso de escassez deste recurso natural, a prioridade de utilização é para o consumo humano, além de outras premissas que se encontram no artigo 1º da Lei 9.433/97.

No âmbito do Estado do Tocantins, a Lei nº 1.307, de 22 de março de 2002, dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos.

A Lei nº 1.307/02 tem como objetivo previsto em seu art. 1º:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade e quantidade adequados aos respectivos usos;
- II - incentivar a racionalização do uso dos recursos hídricos;
- III - fomentar o desenvolvimento regional com base no aproveitamento múltiplo, integrado e sustentável dos recursos hídricos;

IV - promover a prevenção e a defesa contra o efeito de eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;

V - obter recursos para o financiamento de programa, projetos e intervenções no âmbito dos recursos hídricos.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos utiliza como instrumentos para regular o uso da água no território brasileiro os seguintes itens: a) planos de recursos hídricos; b) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; c) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; d) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e) a compensação a municípios; e f) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

4.2 Plano de Recursos Hídricos

O plano de recursos hídricos tem como finalidade fundamentar e orientar a implantação da PNRH, bem como implantar o gerenciamento dos recursos hídricos. O PNRH é um plano de longo prazo que terá como objetivos: definir as metas de racionalização, além de avaliar a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos disponíveis; diagnosticar a atual situação dos recursos hídricos; realizar um balanço entre a demanda e a oferta das águas disponíveis; analisar o aumento demográfico, bem como a utilização e a ocupação do solo; definir as prioridades na outorga dos recursos hídricos, entre outras metas.

4.3 Outorga de Recursos Hídricos

A outorga de recursos hídricos é um ato administrativo em que o poder público (outorgante), União, Estado ou Distrito Federal, confere ao cidadão (outorgado) o direito de uso do recurso hídrico, por um prazo estabelecido no próprio ato administrativo.

Esse ato administrativo é proveniente da Agência Nacional das Águas (ANA), órgão responsável pela emissão das outorgas a nível federal. Além disso, as outorgas podem ser concedidas, por meio de delegação, pelos Estados. A Resolução de outorga deverá conter a identificação do outorgado, as características técnicas e as condicionantes legais do uso autorizado da água.

Segundo a ANA (2009a, p. 1), para que os recursos hídricos sejam utilizados de forma organizada:

É necessário que o Estado, por meio da outorga realize sua distribuição observando a quantidade e a qualidade adequadas aos atuais e futuros usos. Assim sendo, o instrumento de outorga é necessário para o gerenciamento dos recursos hídricos, pois permite ao administrador (outorgante) realizar o controle quali-quantitativo da água, e ao usuário (requerente) a necessária autorização para implementação de seus empreendimentos produtivos. É, também, um instrumento importante para minimizar os conflitos entre os diversos setores usuários e evitar impactos ambientais negativos aos corpos hídricos.

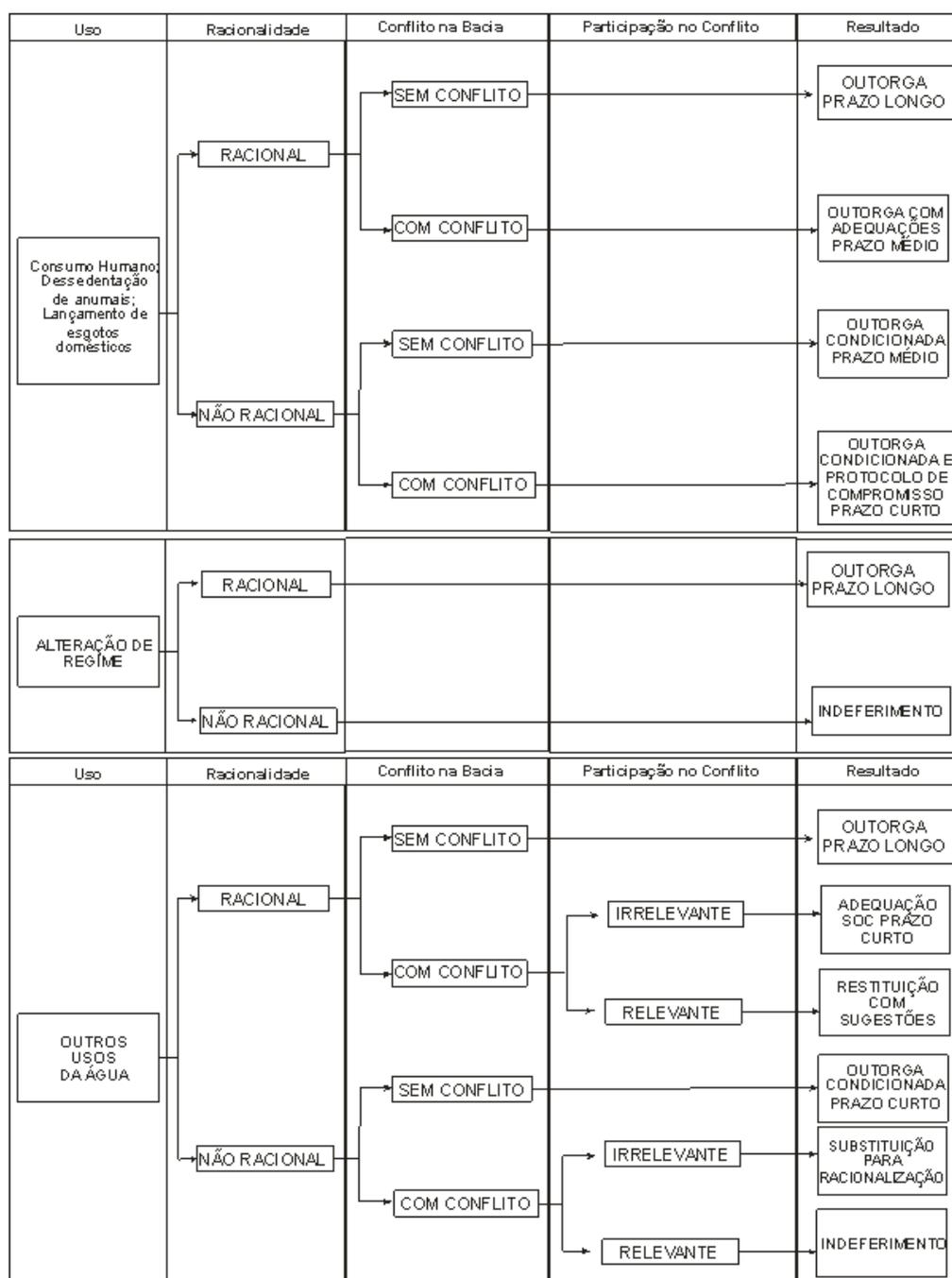
A ANA é a responsável pela emissão de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos, cujos rios são de competência de utilização e manutenção pela União. No tocante aos recursos hídricos de competência dos Estados e do Distrito Federal, o procedimento de outorga deve ser feito nos órgãos estaduais responsáveis pelo gerenciamento de tais recursos.

A Resolução ANA nº 707 de 2004 estabelece, em seu art. 1º, os procedimentos administrativos e os critérios necessários para a avaliação dos pedidos de outorga do uso racional e múltiplo das águas.

O pedido de outorga para a utilização dos recursos hídricos, seja de uso da União, seja do Estado ou do Distrito Federal, deve ser apresentado à ANA juntamente com os documentos necessários exigidos pela Resolução nº 707 de 2004, art. 3º, incisos I a VII.

O artigo 9º da Resolução da ANA nº 707/2004 diz que “na emissão de outorgas serão observadas as regras estabelecidas nos marcos regulatórios, e as diretrizes e prioridades estabelecidas nos planos de bacia, quando existirem”.

A Figura 2 apresenta o fluxo no processo de decisão da Agência Nacional de Águas, conforme Resolução da ANA nº 707/2004 para emissão da outorga do uso dos recursos hídricos no Brasil.



Fonte: Resolução da ANA nº 707 (2004, p. 7)

Figura 2 - Fluxograma representativo do processo de decisão de outorga

4.4 Bacias Hidrográficas Brasileiras

Bacia hidrográfica é uma área que serve de drenagem para as água das chuvas para um determinado curso d'água. Elas possuem terreno em declive, a água de diversas fontes, como rios, ribeirões, córregos, deságuam em um determinado rio, formando assim uma bacia hidrográfica. Portanto, uma bacia hidrográfica é formada por um rio principal e por diversos rios denominados afluentes, os quais formam o rio principal.

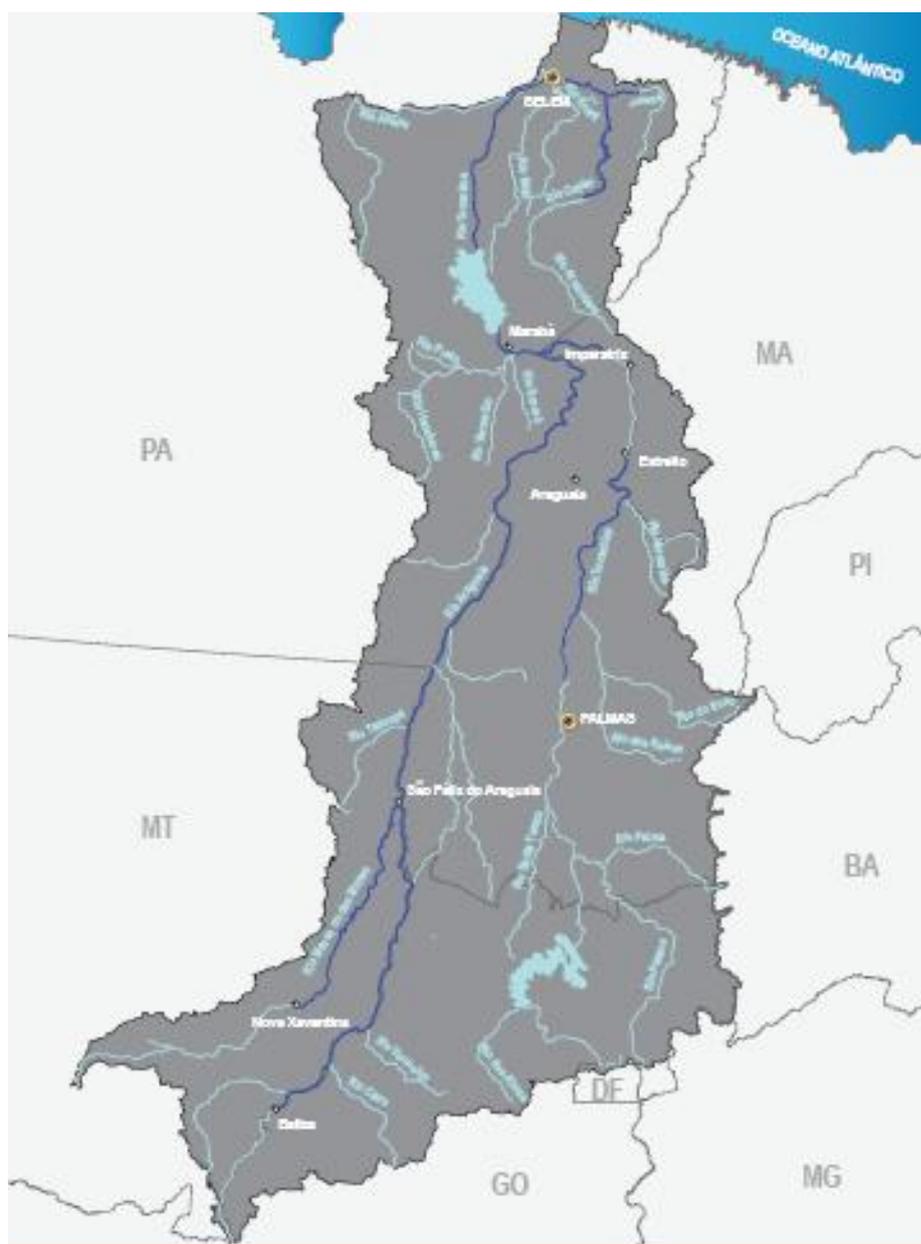
A Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, instituiu a divisão hidrográfica nacional em doze regiões hidrográficas (Figura 3).



Fonte: Resolução 32 de 15/10/2003 do CNRH

Figura 3 – Divisão Hidrográfica Brasileira

A região da bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia possui uma área de 921.921 km², que corresponde a 10,8% do território nacional, abrangendo os estados de Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e o Distrito Federal (Figura 4).



Fonte: ANA, (2009c, p. 43)

Figura 4 – Região Hidrográfica do Tocantins – Araguaia

Segundo a ANA (2009c, p. 42), os rios que compõem a bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia são:

Os rios Tocantins, Araguaia e das Mortes atravessam as regiões Centro-Oeste e Amazônica, influenciando uma área agricultável de mais de 35 milhões de hectares, com potencial de produção acima de 100 milhões de toneladas/ano de grãos.

A região hidrográfica do Tocantins/Araguaia localiza-se totalmente em território nacional. Nas regiões de sua abrangência, proporciona desenvolvimento sócio-econômico e cultural. Existe uma perspectiva, segundo a ANA (2009b), de que nas próximas décadas, em função das demandas nacional e internacional, por *commodities*, o desenvolvimento sócio-econômico deverá intensificar-se na bacia.

A bacia estende-se na direção norte-sul, passando pelos estados do Pará, com uma área de 30%; do Tocantins, também com uma área de 30%; de Goiás, com uma área de 21%; do Mato Grosso, com uma área de 15%; do Maranhão, com 4%; e do Distrito Federal, com apenas 0,1% da área da bacia. É importante ressaltar que o estado do Tocantins é o único que está totalmente dentro da região do Araguaia-Tocantins. Essa extensão do Araguaia-Tocantins abrange aproximadamente 409 municípios com uma população, no ano de 2000, de 7,2 milhões de habitantes e uma densidade demográfica de 7,2 hab./km² (ANA, 2009b).

A região hidrográfica do Tocantins/Araguaia é a segunda em volume de vazão, perdendo apenas para a bacia Amazônica. Segundo a ANA (2009b, p. 3) a vazão da bacia “é de 13.799 m³/s (8% do total do país) resulta em elevado *per capita* de 60.536 m³/hab./ano”.

Ainda segundo a ANA (2009b, p.3):

A precipitação média anual é de 1.744 mm, com totais anuais aumentando de sul para norte (valores de 1.500 mm em Brasília até 3.000 mm em Belém). Associada a essa característica, a região apresenta dois importantes biomas: a Floresta Amazônica, que ocupa a porção norte/noroeste da região (35% da área total), e o Cerrado (65%). Esses biomas apresentam grande diversidade de fauna e flora e uma ampla zona de transição (écotono).

A economia na bacia baseia-se nas atividades da agropecuária e da mineração. A agricultura de sequeiro abrangeu uma área cultivada de cerca de 4,2 milhões de hectares em 2005, com destaque para as culturas de soja, milho e arroz.

A agricultura irrigada tem como destaque as culturas de arroz, milho, feijão, soja e cana-de-açúcar, abrangendo uma área irrigada de 124.237 ha e a pecuária, voltada para a produção de carne bovina, apresenta rebanho de 27,5 milhões de cabeças.

5 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

5.1 Plano de Bacia do Rio Formoso

O Plano de Bacia Hidrográfica Rio Formoso (PBH – Formoso) definiu que a gestão das águas deve ser feita a partir de um planejamento participativo, o qual seria formado pelos usuários das águas, por instituições públicas, bem como pela sociedade, reunidos em um Comitê da Bacia.

Os objetivos principais e complementares do PBH-Formoso, segundo Tocantins (2009, p. 3-4):

Elaboração de estudos básicos multidisciplinares e correspondente diagnóstico, com ênfase nos recursos hídricos da bacia, identificando conflitos atuais e potenciais pelos usos das águas e estratégias para os usos múltiplos de forma racional;

Organização dos estudos setoriais e mapeamentos temáticos sob a forma de SIG;

Proposição de medidas e intervenções necessárias na bacia, estruturantes e não-estruturantes, no sentido de compatibilizar as demandas atuais e futuras com as disponibilidades dos recursos hídricos;

Mobilização da sociedade local da bacia, através de seus atores sociais estratégicos, no sentido de efetivamente participar na elaboração e validação do PBH-Formoso, bem como integrar o futuro Comitê de Bacia a ser criado; e

Treinar e capacitar a equipe da Contratante envolvida com gerenciamento de recursos hídricos, bem como os integrantes dos grupos de trabalho a serem criados, os quais integrarão e comporão o Comitê de Bacia, de forma que todos os participantes do processo estejam habilitados e atualizados com o tema de gerenciamento da bacia.

A Bacia do Rio Formoso abrange um total de 21 municípios, sendo que apenas 03 cidades pertencem a Goiás (Porangatu, Novo Planalto e São Miguel do Araguaia), o que representam menos de 3% do total da bacia. Os 18 municípios restantes pertencem ao estado do Tocantins (TOCANTINS, 2007a).

5.2 Caracterização da Bacia

A bacia do Rio Formoso localiza-se à margem direita do rio Araguaia, com nascentes na Serra dos Caiapós, correndo em direção ao norte até encontrar com o

Rio Tocantins. No transcorrer do caminho, localiza-se a Ilha do Bananal, com 60 km de largura e 350 km de comprimento (TOCANTINS, 2007a).

Os principais rios que compõem a bacia do Rio Formoso à montante são: Rio Formoso, Rio Escuro, Pau Seco, Piaus, Ribeirão Tranqueira e Ribeirão Piraruca. À jusante encontram-se os rios: Xavante, Dueré, Urubu, Ribeirão da Taboca, Ribeirão Lago Verde. O Quadro 1 apresenta a divisão da bacia do Formoso em sub-bacias.

Bacia	Sub-Bacia	Descrição	Área (km ²)
Rio Escuro (ESC)	ESC1	Sub-bacia do rio Escuro, a nascente do rio Formoso	1.825,60
	ESC2	Sub-bacia do rio Piaus, afluente da margem esquerda do rio Escuro	1.084,77
	ESC3	Sub-bacia incremental do rio Escuro, até a confluência do rio Pau Seco	481,56
Rio Pau Seco (PAU)	PAU1	Sub-bacia do rio Pau Seco	1.379,57
	PAU2	Sub-bacia do ribeirão Buenos Aires, afluente do rio Pau Seco	1.436,21
	PAU3	Sub-bacia incremental do rio Pau Seco, até a confluência com o rio Escuro	372,40
Rib. Taboca (TAB)	TAB	Sub-bacia do ribeirão Taboca, afluente da margem direita do rio Formoso. Esta sub-bacia engloba a área dos reservatórios do Perímetro Irrigado Projeto Formoso.	710,79
Rio Xavante (XAV)	XAV1	Sub-bacia alta do rio Xavante, nascentes do Xavante	1.083,29
	XAV2	Sub-bacia incremental do rio Xavante, até a confluência do rio Preto	1.153,69
	XAV3	Sub-bacia do rio Preto, afluente da margem direita do rio Xavante	612,47
	XAV4	Sub-bacia incremental do rio Xavante, até a sua foz na margem direita do rio Formoso	216,59
Rio Dueré (DUE)	DUE1	Sub-bacia alta do rio Dueré, até a confluência deste com o ribeirão da Estrema	1.275,94
	DUE2	Sub-bacia incremental do rio Dueré, abrangendo o trecho médio e baixo da bacia, até a foz no rio Formoso.	1.613,66
Rib. Lago Verde (VER)	VER	Sub-bacia do ribeirão Lago Verde, afluente da margem direita do rio Formoso, localizado entre as bacias do Dueré e Urubu.	591,61
Rio Urubu (URU)	URU1	Sub-bacia alta do rio Urubu, englobando a sub-bacia do ribeirão Barreto	882,91
	URU2	Sub-bacia incremental do rio Urubu, até o encontro com o rio Tioribero	197,95
	URU3	Sub-bacia do rio Tioribero, afluente da margem esquerda do rio Urubu	680,62
	URU4	Sub-bacia incremental do rio Urubu, até a foz do Urubu no rio Formoso	940,78

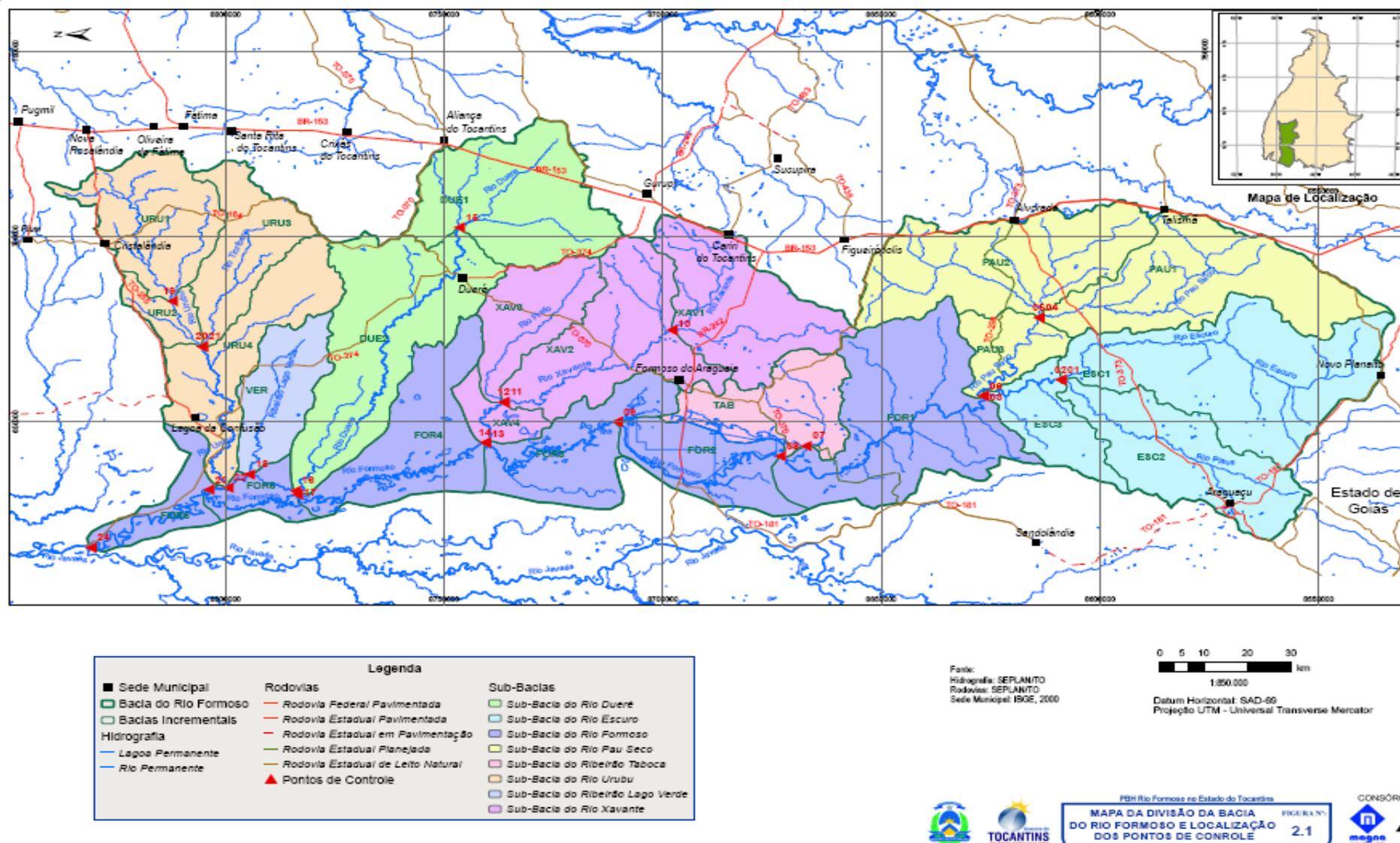
(Continua...)

Bacia	Sub-Bacia	Descrição	Área (km ²)
Áreas Marginais ao Rio Formoso (FOR)	FOR1	Sub-bacia incremental do rio Formoso, desde a confluência do rio Escuro com o rio Pau Seco até o início do Perímetro do Projeto Formoso	1.727,27
	FOR2	Sub-bacia incremental do rio Formoso, na área em que se localiza o Perímetro Irrigado do Projeto Formoso	646,88
	FOR3	Sub-bacia incremental do rio Formoso, entre o Perímetro Irrigado do Projeto Formoso e a contribuição (foz) do rio Xavante	813,30
	FOR4	Sub-bacia incremental do rio Formoso, a jusante da contribuição do rio Xavante e à montante da contribuição do rio Dueré	1.005,47
	FOR5	Sub-bacia incremental do rio Formoso, da jusante da foz do rio Dueré até a foz do rio Urubu no rio Formoso.	245,79
	FOR6	Sub-bacia incremental do rio Formoso, da foz do rio Urubu até a foz do rio Formoso no rio Javaés.	349,43

Fonte: Tocantins (2007a, p. 14-15)

Quadro 1 - Divisão da bacia do Rio Formoso em sub-bacias

A figura 5 apresenta a subdivisão da bacia do Formoso em sub-bacias.



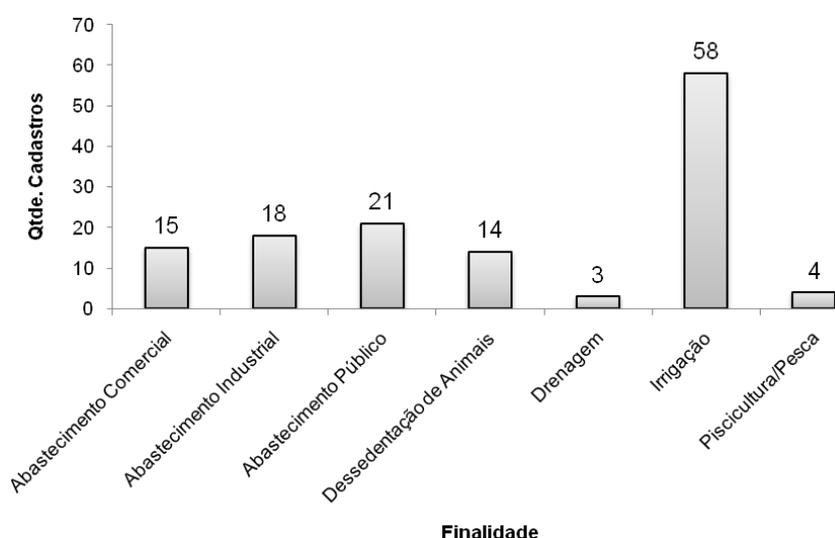
5.3 Caracterização dos Usos Múltiplos Atuais das Águas

O uso múltiplo das águas da Bacia do Rio Formoso foi classificado de forma que pudesse identificar as possíveis demandas hídricas pelas águas da bacia ou que pudessem ocasionar mudanças em sua qualidade. Dessa forma, o uso múltiplo das águas foi dividido em dois grupos: usos consuntivos (abastecimento populacional, irrigação e aquicultura e dessedentação de animais); e usos não consuntivos.

Segundo Tocantins (2007a, p. 435):

Foi realizado o cadastramento dos usuários de recursos hídricos através de visita a cada propriedade ou estabelecimento com o preenchimento de um questionário e fotos dos locais de captação. [...] Foram preenchidos 133 questionários em toda a bacia do rio Formoso, devido a dificuldades no campo cerca de 23 cadastros foram realizados fora da bacia em estudo.

O Gráfico 1 apresenta detalhadamente a composição e a distribuição dos cadastros na bacia do rio Formoso, bem como a finalidade dada ao uso das águas.



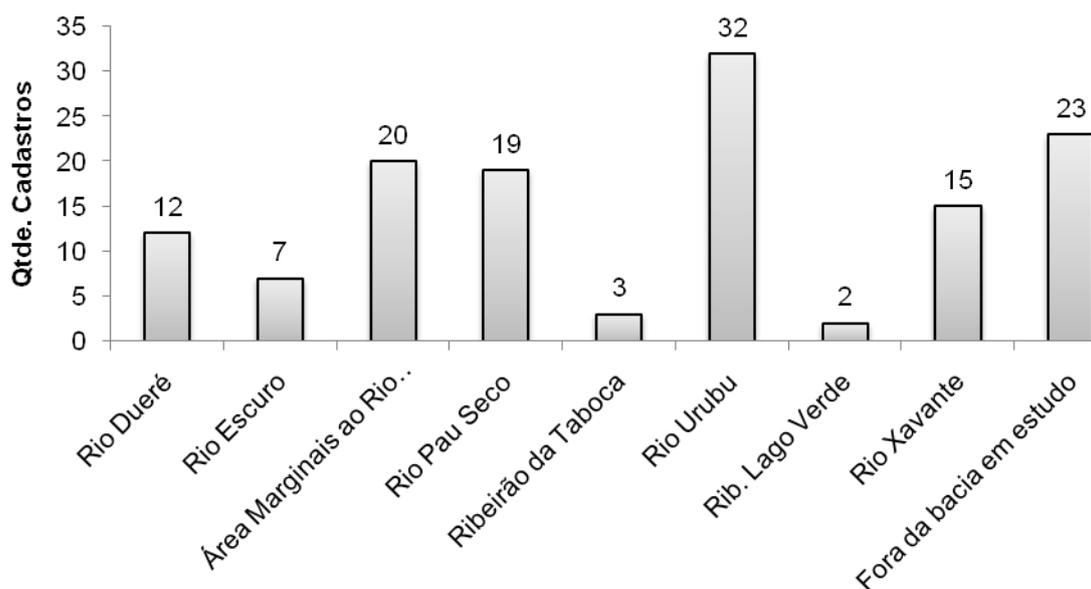
Fonte: Tocantins (2007a, p. 436)

Gráfico 1 - Distribuição dos cadastros conforme finalidade

Percebe-se pelo Gráfico 1, que cerca de 43,6% das águas da bacia do rio Formoso são utilizadas para a irrigação, o que representam 58 cadastros. O abastecimento público vem logo em seguida, com aproximadamente 15,8% (21

cadastros). O abastecimento para fins industriais tem a terceira colocação, com um total de 13,5% (18 cadastros). O uso comercial, dessedentação de animais, piscicultura/pesca e drenagem utilizam, respectivamente, 11,3% (15 cadastros), 10,5% (14 cadastros), 3,0% (4 cadastros) e 2,3% (3 cadastros).

O Gráfico 2 apresenta a concentração dos cadastros por sub-bacias e suas finalidades. Conforme Tocantins (2007a, p. 437), há “uma grande concentração de cadastros com a finalidade de irrigação, sendo que esse uso está concentrado principalmente nas sub-bacias localizadas nas áreas de cotas menores da bacia, no trecho médio e inferior do rio Formoso”.



Fonte: Tocantins, (2007a, p. 437)

Gráfico 2 - Distribuição dos cadastros conforme finalidade de utilização das águas da Bacia do Rio Formoso

Pode-se perceber que no Rio Urubu encontram-se cerca de 24,1% do total dos cadastros, perfazendo 32 cadastros para uso na irrigação nas lavouras localizadas próximas à Bacia do Araguaia/Tocantins, 17,3% encontram-se fora da bacia, o que representa 23 cadastros, 15% encontram-se nas áreas marginais ao Rio Formoso, isto é 20 cadastros, e 14,3%, ou seja, 19 dos cadastros para irrigação

estão localizados no Rio Pau Seco. No Rio Dueré encontram-se aproximadamente 9% (12) de todos os cadastros para a utilização das águas da bacia, 11,3% (15) dos cadastros estão no Rio Xavante. Os rios Escuro, Ribeirão da Taboca e Ribeirão Lago Verde concentram, respectivamente, 5,3% (7), 2,3% (3) e 1,5% (2) de todos os cadastros para a utilização das águas na irrigação.

5.3.1 Usos Consuntivos

Os usos consuntivos são aqueles que consomem diretamente os recursos hídricos, reduzindo o volume de água dos rios, lagos, aquíferos, entre outras fontes de água doce.

Os abastecimentos populacional e industrial possuem características peculiares, conforme a situação da população atendida, isto é, urbana ou rural.

Segundo Tocantins (2007a, p. 439):

Na maioria dos casos a população rural é atendida através de poços ou cacimbas, determinando desta forma como fonte subterrânea. Nas sedes urbanas situadas dentro das bacias hidrográficas dos cursos d'água em estudo, os recursos hídricos utilizados para o abastecimento populacional são, na sua maior parte, de origem subterrânea, sendo que algumas sedes municipais possuem captação de águas superficiais.

Já a irrigação possui uma grande demanda na região. “A bacia do rio Formoso está inserida na área do Projeto Javaés que prevê grandes perímetros irrigados usando águas do rio Formoso e seus afluentes” (TOCANTINS, 2007a, p. 442).

No município de Formoso do Araguaia e nos demais da região, as principais culturas que utilizam a irrigação são o arroz, o milho e a soja destinada à produção de sementes.

O Quadro 2 apresenta as áreas totais das lavouras existentes em cada sub-bacia da bacia do rio Formoso.

Sub-bacia	Área cultivada (ha)
DUERÉ 2 (DUE2)	2.007
ÁREA MARGINAIS FORMOSO 2 (FOR 2)	1.003
ÁREA MARGINAIS FORMOSO 4 (FOR 4)	30.000
ÁREA MARGINAIS FORMOSO 6 (FOR 6)	1.500
PAU SECO 2 (PAU 2)	9.520
URUBU 4 (URU 4)	15
RIBEIRÃO VERDE (VER)	13.775
XAVANTE 2 (XAV 2)	635
XAVANTE 4 (XAV 4)	1.895
DUERÉ 2 (DUE 2)	2.951
TOTAL	61.294

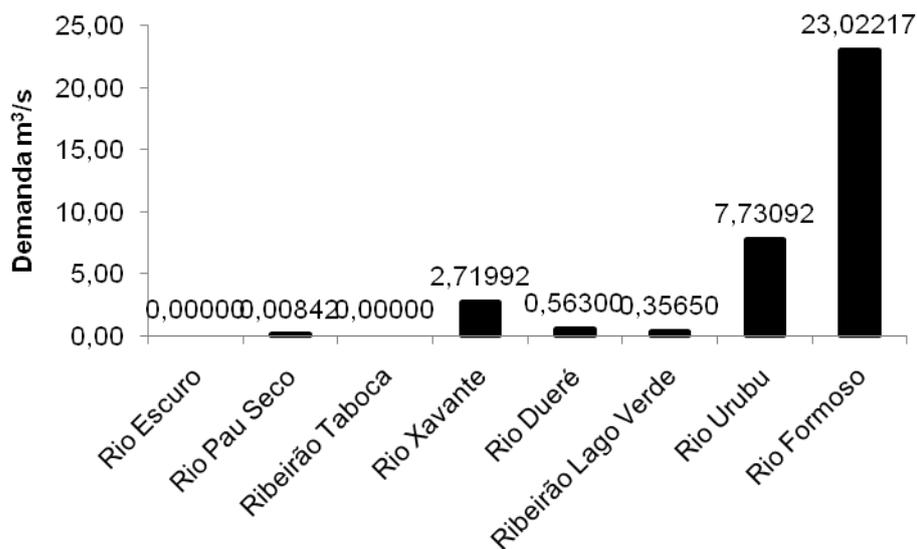
Fonte: Tocantins (2007a, p. 446)

Quadro 2 - Área de lavoura que utilizam irrigação conforme as sub-bacias

Na determinação da demanda hídrica para a irrigação, segundo Tocantins (2007a), considerou-se apenas as culturas que utilizam as águas do Rio Formoso para irrigação. As culturas são em grande escala, o arroz, no período chuvoso, e o milho e a soja no período seco.

De acordo com Tocantins (2007a, p. 458), “a determinação das demandas hídricas de irrigação compreende a definição das demandas unitárias e a demarcação mais precisa das lavouras que retiram água dos cursos d’água das bacias”.

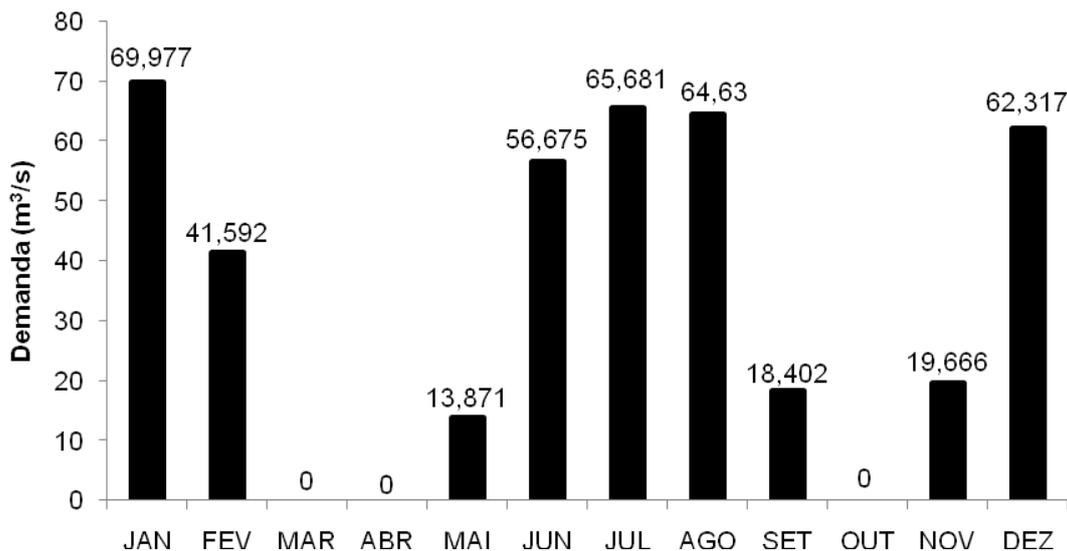
O Gráfico 3 apresenta a demanda total para as sub-bacias da bacia do rio Formoso em m³/s.



Fonte: Tocantins (2007a, p. 459)

Gráfico 3 - Demandas para irrigação distribuídas por sub-bacias na bacia do rio Formoso

Percebe-se pelo Gráfico 3, que 67% da demanda pelos recursos hídricos para serem utilizados na irrigação encontram-se no rio Formoso, 22% no rio Urubu e 8% no rio Xavante, sendo os demais valores insignificantes.



Fonte: Tocantins (2007a, p. 460)

Gráfico 4 - Demandas distribuídas mensalmente na bacia do rio Formoso

O Gráfico 4 apresenta a demanda mensal na Bacia do Rio Formoso. Através dele, pode-se perceber que o mês de janeiro apresentou a maior demanda pelos recursos hídricos para a irrigação com $69,98 \text{ m}^3/\text{s}$. Os meses de julho, agosto, dezembro, junho e fevereiro apresentaram maiores demandas de água da bacia do rio Formoso, sendo respectivamente: $65,68 \text{ m}^3/\text{s}$; $64,63 \text{ m}^3/\text{s}$, $62,32 \text{ m}^3/\text{s}$, $56,68 \text{ m}^3/\text{s}$ e $41,59 \text{ m}^3/\text{s}$.

6 METODOLOGIA

Para conhecer o impacto da variação da disponibilidade da água no lucro dos agricultores da microrregião de Formoso do Araguaia, foram utilizados dados secundários coletados junto aos órgãos oficiais do governo, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). No IBGE, foram coletados dados referentes à área plantada, em hectares, da lavoura de arroz irrigado, dos últimos oito anos, para a identificação do custo de produção e do preço de venda obtidos pelo produtor na microrregião de Formoso do Araguaia – região composta pelas cidades de Formoso do Araguaia, Dueré e Lagoa da Confusão. O preço de custo do arroz irrigado foi obtido junto à CONAB.

A demanda de recursos hídricos da microrregião de Formoso para a irrigação foi obtida junto ao Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS). Também foi utilizado como referência, o Plano de Bacia, em fase de conclusão pela secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado do Tocantins (SRHMA).

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi escolhida a cultura do arroz irrigado produzido na microrregião de Formoso do Araguaia. Os municípios que a compõem utilizam-se dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica Araguaia/Tocantins para a irrigação das lavouras.

Neste estudo, optou-se por trabalhar com cenários que são descrições evolutivas de diversas características em um ambiente. Os cenários são compostos por um conjunto interligado e ordenado de interações entre seus participantes, simulando possíveis resultados, os quais servirão de base na tomada de decisão sobre os prováveis acontecimentos estimados.

Os cenários foram utilizados para simular o efeito da oscilação da disponibilidade hídrica no resultado (lucro ou prejuízo) da produção de arroz irrigado. Como buscou-se medir o resultado no lucro da produção de arroz da microrregião de Formoso do Araguaia a partir da variação da disponibilidade hídrica para uso na irrigação da lavoura, utilizou-se a média da região quanto à quantidade de água disponível.

Foram apresentados dois cenários, sendo um considerado otimista e outro denominado pessimista. Ambos partiram dos valores médios dos dados obtidos. Em cada cenário proposto, foram feitas algumas considerações sobre suas características e sobre os impactos que poderiam ocorrer na lucratividade da produção de arroz irrigado, da microrregião de Formoso do Araguaia, caso viessem a acontecer.

O lucro é a diferença entre a Receita (R) auferida pela venda da produção e o Custo (C) de produção. O resultado pode assumir três características básicas: positivo, negativo (prejuízo) ou nulo.

O resultado positivo ou lucro caracteriza-se pela diferença positiva entre as receitas e os custos ($R > C$). O resultado negativo ou prejuízo é obtido quando as receitas são inferiores aos custos de produção ($R < C$). E por fim, o resultado nulo ocorre quando o total das receitas auferidas equipara-se aos custos de produção ($R = C$), podendo ser denominado também, como ponto de equilíbrio.

No cenário otimista e pessimista as variáveis do modelo (preço de venda, preço de custo e área plantada média) não sofreram nenhuma variação. A única a sofrer variação foi a disponibilidade hídrica, que foi constituída da média encontrada acrescida e/ou diminuída do desvio padrão da amostra.

Dentre os modelos de valoração ambiental existentes e discutidos no presente trabalho, foi escolhido o método Dose-Resposta, por ser capaz de medir quanto uma variação na disponibilidade hídrica produziria de impacto na lucratividade da produção de arroz irrigado.

Em cada cenário simulado foi utilizado o método Monte Carlo. Esse método utiliza eventos probabilísticos para solucionar problemas matemáticos e físicos, uma vez que se utiliza de eventos aleatórios para determinar a ocorrência. Este método é recomendável para a replicação nos cenários, uma vez que não se conhecia o desvio padrão da amostra.

Segundo Fernandes (2009, p. 1), o método Monte Carlo “surgiu oficialmente no ano de 1949 com o artigo *The Monte Carlo Method* de autoria dos matemáticos John Von Neumann e Stanislaw Ulam”. Ainda segundo o autor, o nome do método foi dado em homenagem ao tio de Ulam que frequentava o Cassino de Monte Carlo. Naylor *et al.*, citados por Corrar (1993, p. 5), comentam que o Método de Monte Carlo “consistia numa técnica que foi utilizada para solucionar problemas de blindagem em reatores nucleares”.

O método é uma técnica de amostragem utilizada para trabalhar com sistemas complexos que agregam informações aleatórias e com graus de incerteza (probabilidade) de seu acontecimento. O Monte Carlo utiliza um modelo estocástico representando o processo de interesse e um gerador de números aleatórios para determinar a Função Densidade de Probabilidade (FDP).

Utilizou-se uma distribuição normal para as variáveis aleatórias, uma vez que se pode tomar qualquer valor dentro de uma escala contínua entre dois pontos distintos, de forma que nenhum dos valores existentes dentre esses pontos seja

mais provável que outro e que as probabilidades associadas a cada elemento seja descrita pela distribuição uniforme.

Segundo Stevenson (1981, p. 136), a importância da distribuição normal é que “as distribuições tanto das médias como das proporções em grandes amostras tendem a ser distribuídas normalmente, o que tem relevante implicação na amostragem”.

Uma característica da distribuição normal relaciona-se à média e ao desvio padrão. Isto é, para cada combinação da média com o desvio padrão, existirá uma distribuição normal distinta (STEVENSON, 1981).

Para estimar o impacto na lucratividade na produção de arroz, definiu-se a função que serviu de parâmetro para a simulação do método de Monte Carlo:

$$\text{Lucro} = f \{ (\Delta \text{Água} \times AP_{\text{Média}}) \times PV_{\text{Venda}} \} - \{ (\Delta \text{Água} \times AP_{\text{Média}}) \times PC_{\text{Custo}} \}$$

em que

$\Delta \text{Água}$ = variação na disponibilidade hídrica;

$AP_{\text{Média}}$ = área plantada média da região;

PV_{Venda} = preço de venda médio por toneladas; e

PC_{Custo} = preço de custo médio por hectare plantado.

Para executar o Monte Carlo, inicialmente foram calculadas as médias e os desvios padrões da Área Plantada, a Disponibilidade Hídrica, o Preço de Venda por toneladas e o Preço de Custo por Hectares.

Para a execução do Monte Carlo, utilizou-se o aplicativo R *Foundation for Statical Computing*, versão 2.9.2, que é um aplicativo de distribuição gratuita para simular os cenários otimista e pessimista. Como o Monte Carlo trabalha na geração de números aleatórios para identificar a probabilidade de acontecimento de determinados fatores, tornou-se necessário criar um mecanismo dentro do programa

R que proporcionasse a mesma análise a qualquer tempo e que tornasse possível fazer comparações entre situações projetadas.

Para isso, utilizou-se o comando *set.seed* (12345), que serve para gerar duas ou mais amostras idênticas, obtendo-se o mesmo resultado. Logo em seguida, definiu-se o número de interações necessárias para simular ambos os cenários: otimista e pessimista, perfazendo um total de 10.000 replicações.

Posteriormente, foram definidos os valores referentes à receita, ao custo e ao lucro, com suas respectivas médias e desvios padrões. Foram inseridos os dados sobre área plantada média, preço de venda médio, preço de custo médio, volume médio e desvio padrão da disponibilidade hídrica na bacia.

Foi inserida na linha de programação, a função definida neste trabalho para simular os possíveis lucros ou prejuízos, com base na variação, positiva ou negativa, da disponibilidade hídrica. Em seguida, verificou-se se os resultados encontrados com base na função lucro apresentavam distribuição normal. Logo após, simularam-se as 10.000 replicações.

Após as interações, determinou-se o intervalo de confiança de 95% para verificar se a maior ocorrência do lucro estaria neste trecho. Para finalizar, definiram-se as classes e o percentual de ocorrência do lucro em cada classe. Para o cálculo das classes, foi feita a razão entre a amplitude total e o número de classes.

Cabe ressaltar que a descrição feita anteriormente foi realizada nos dois cenários. A linha de programação para cada cenário, utilizando o programa R, pode ser visualizada nos Apêndices A e B, respectivamente.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Condição Atual

Para desenvolver o estudo sobre o impacto na lucratividade da produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia, no Tocantins, foi necessário identificar a receita total auferida com a produção, o custo total para produção de arroz irrigado e o lucro obtido, no período de 2000 a 2007. Deve-se fazer uma ressalva, neste cenário, acerca do fato de que o lucro foi encontrado de forma contábil, isto é, receita menos custo da produção.

Os dados referentes à receita total no período foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Tabela 1). O valor médio da receita auferida foi de R\$ 87.452.890,33 e o desvio padrão foi de R\$ 44.853.651,36. Os valores referentes à receita foram corrigidos pelo IGP-M acumulado do ano de 2000 no valor de 9,95% obtido junto à Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Tabela 1 - Receita Total referente à produção de arroz irrigado na Microrregião de Formoso do Araguaia, TO

	2000	2001	2002	2003
Receita (R\$)	47.365.360,50	59.217.919,80	71.124.039,00	160.000.375,20
	2004	2005	2006	2007
	148.104.356,40	73.908.384,00	41.017.838,40	98.884.849,40

Fonte: IBGE (2009)

Para o cálculo do custo total de produção, inicialmente levantou-se a área plantada de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia. A área plantada média na região, conforme Tabela 3, foi de 46.210 mil hectares e o desvio padrão foi de 9.947 mil hectares. A produção de arroz irrigado foi, em média, de 189.994 mil t/ha (Tabela 2).

Tabela 2 - Área plantada (ha) e produção (t) de arroz irrigado na Microrregião de Formoso do Araguaia, TO

Área Plantada (ha)								
Municípios	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dueré	6.400	4.000	5.210	6.280	7.400	7.000	2.350	2.680
Formoso do Araguaia	25.630	14.000	16.770	22.620	23.940	25.430	11.570	14.300
Lagoa da Confusão	16.750	18.750	24.900	20.000	24.500	26.200	13.800	29.200
Total	48.780	36.750	46.880	48.900	55.840	58.630	27.720	46.180
Média	46.210							

Produção (t)								
Municípios	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dueré	24.800	16.575	14.954	26.123	27.840	26.160	8.160	10.464
Formoso do Araguaia	120.825	66.300	53.382	113.317	108.984	99.988	46.534	59.940
Lagoa da Confusão	60.324	85.500	82.080	87.900	107.100	92.880	53.820	126.000
Total	205.949	168.375	150.416	227.340	243.924	219.028	108.514	196.404
Média	189.994							

Fonte: IBGE (2009)

O preço de venda da produção foi apurado, dividindo-se o valor financeiro da produção pela quantidade produzida de arroz irrigado, sendo que o valor médio apurado foi de R\$ 1.099/tonelada em oito anos.

O preço de custo da produção de arroz irrigado por hectare foi obtido junto à CONAB, sendo que a média, em oito anos, apurada foi de R\$ 1.424/ha (Tabela 3).

Tabela 3 - Preço de custo da produção de arroz irrigado

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Preço de Custo (R\$)	926	955	1.073	1.501	1.826	1.872	1.633	1.609
Média (R\$)	1.424							

Fonte: CONAB (2009)

Valores corrigidos pelo IGP-M da FGV

Na Tabela 4, estão transcritos os dados referentes aos valores médios, da microrregião de Formoso do Araguaia.

Tabela 4 - Dados do Cenário Real da Microrregião de Formoso do Araguaia

Discriminação	Quantidade
Média de Área Plantada de Arroz Irrigado	46.210 hectares
Média de Produção de Arroz Irrigado	189.994 toneladas
Receita Média Auferida no período de Arroz Irrigado	R\$ 87.452.890,33*
Custo médio de Produção no período de Arroz Irrigado	R\$ 73.564.418,30*
Lucro médio auferido no período pela venda de Arroz Irrigado**	R\$ 13.888.472,03*
Valor médio da disponibilidade hídrica na bacia	4,68 m ³ /h/ha
Desvio padrão da disponibilidade hídrica na bacia	3,81 m ³ /h/ha
Área irrigada com a disponibilidade hídrica da bacia***	575.158,33 ha
Total de água utilizada da bacia no período	2.689.350,17 m ³ /h

* Valores corrigidos pelo IGP-M acumulado do ano de 2000 de 9,95% da FGV.

** Lucro médio obtido de forma contábil (R – C), sem considerar a disponibilidade hídrica na região.

*** Área irrigada utilizada por todas as culturas na Microrregião de Formoso do Araguaia

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados históricos da disponibilidade hídrica foram obtidos junto ao NATURATINS, cuja média na bacia do Rio Araguaia/Tocantins, no período de 2000 a 2007, foi de 4,68 m³/h. O total de água utilizada para a irrigação neste período foi de 2.689.350,17 m³/h e o total de área irrigada com este volume de água somou 575.158,33 ha (Tabela 4).

A quantidade de água despendida para a irrigação na microrregião de Formoso do Araguaia, no total de 2.689.350,17 m³/h, foi utilizada por todas as culturas, temporárias e permanentes, na região, tais como arroz, milho, cana-de-açúcar, feijão, sorgo, banana, abacaxi, melancia, mandioca e soja, no período de 2000 a 2007, segundo dados do IBGE (2010).

7.2 Cenário Otimista

Na construção desse cenário, buscou-se simular uma situação entre as variáveis ambientais e não ambientais que pudessem influenciar positivamente no

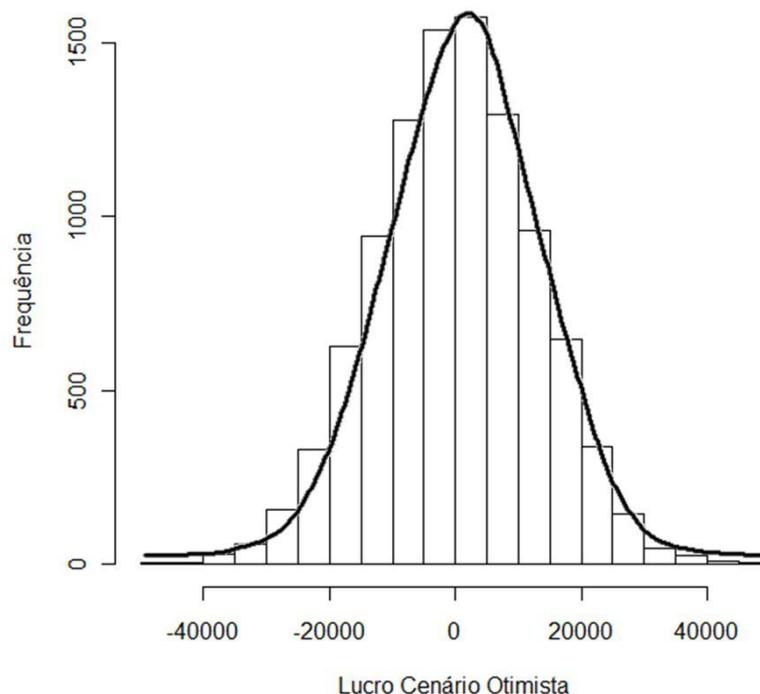
resultado final da produção de arroz irrigado, isto é, o lucro auferido na venda da produção.

As variáveis que compuseram esse cenário foram: área plantada de arroz irrigado, em hectares; preço de venda do arroz irrigado; custo total da produção; lucro/prejuízo obtido na produção da cultura de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia e disponibilidade hídrica da bacia.

Convencionou-se que as variáveis do modelo proposto (área plantada, preço de venda e custo) permaneceriam constantes (*ceteris paribus*), sendo que apenas a variável disponibilidade hídrica sofreu variação. Presumiu-se que o total da disponibilidade hídrica, neste cenário, foi de 8,49 m³/h/hectare, isto é, a média (4,68 m³/h/hectare) acrescida do desvio padrão da amostra (3,81 m³/h/hectare).

A partir dessa condição inicial, simulou-se no aplicativo R, o impacto que o lucro decorrente da produção de arroz da Microrregião de Formoso do Araguaia teria, caso houvesse uma variação positiva na disponibilidade hídrica na bacia do Araguaia/Tocantins.

Simularam-se 10.000 replicações com o intuito de minimizar o erro na simulação. Pode-se perceber, pelo Gráfico 5, que os dados da amostra comportam-se de forma normal. A linha de programação para este cenário encontra-se no Apêndice A.



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 5 - Curva Normal e de Distribuição de Frequência Acumulada Cenário Otimista

Para auxiliar na análise deste cenário, calculou-se o intervalo de confiança da amostra. O intervalo foi obtido pela fórmula:

$$\left(\bar{X} - t_t \sqrt{\frac{S^2}{n}}; \bar{X} + t_t \sqrt{\frac{S^2}{n}} \right)$$

Portanto, o intervalo de confiança de 95% foi encontrado a partir da média das simulações, acrescido e diminuído, do grau de confiança estimado. No aplicativo R, utilizou-se a rotina $t.test(ProbLucroOT)$, para obter o intervalo de confiança ao nível de 95% (Tabela 5).

Tabela 5 - Intervalo de confiança no Cenário Otimista a 95%

Limite Inferior	Limite Superior
(R\$21.952,00)	R\$27.895,54

Fonte: Dados da pesquisa

Para definir as classes com as suas respectivas frequências, utilizou-se o comando *table(cut(...))* no aplicativo R. Este comando, além de calcular a amplitude total dos dados, que é a diferença entre o maior e o menor valor da sequência, calcula a amplitude da classe (diferença entre o limite superior e inferior da classe). Quanto ao número de classes da amostra, este pode ser encontrado pela raiz quadrada do número de interações. Segundo Silva, H. M. *et al.* (1999), o número de classe será determinado pelo pesquisador com base em sua experiência e, neste caso, optou-se por trabalhar com um total de nove classes.

Esse comando calcula a quantidade de classes a serem utilizadas, bem como a amplitude das mesmas. Com base na frequência, identificou-se a probabilidade de ocorrência de valores dentro do intervalo de confiança definido de 95%, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Intervalos de classes da amostra do Cenário Otimista

Intervalo	Frequência	Percentual
De (R\$40.000) até (R\$30.000)	85	0,85%
De (R\$30.000) até (R\$20.000)	487	4,87%
De (R\$20.000) até (R\$10.000)	1.566	15,66%
De (R\$10000) até R\$0,00	2.812	28,12%
De R\$0,00 até R\$10.000	2.866	28,66%
De R\$10.000 até R\$20.000	1.608	16,08%
De R\$20.000 até R\$30.000	481	4,81%
De R\$30.000 até R\$40.000	73	0,73%
Acima de R\$40.000	22	0,22%
TOTAL	10.000	100,00%

Nota: Valores entre parêntese representam números negativos

Fonte: Dados da pesquisa

O intervalo de confiança da amostra está definido entre (R\$ 21.952,00) a R\$ 27.895,54. Nesse cenário, a probabilidade para que o lucro esteja dentro desse trecho é de aproximadamente 91,5%.

Tabela 7 - Estatística descritiva do Lucro Estimado Cenário Otimista

Mínimo	Mediana	Média	Máximo
(R\$ 49,8)	R\$ 12,0	R\$ 29,7	R\$ 47,2

Nota: Valores em milhões de reais

Fonte: Dados da Pesquisa

A possibilidade para que o valor máximo do lucro estimado de R\$ 47,2 milhões (Tabela 7), no cenário otimista, possa acontecer é de apenas 0,22% (Tabela 6) em 10.000 interações. A chance para que o menor valor do lucro estimado de (R\$ 49,8 milhões) possa ocorrer é de somente 0,85%, conforme Tabelas 6 e 7 respectivamente. Com um percentual total de 66,78%, o lucro estimado, neste cenário, está no intervalo de (R\$10.000) a R\$10.000 com 6.678 ocorrências (Tabela 6), sendo que a maior frequência dos dados está na faixa de R\$ 0,00 a R\$ 10.000 com 2.866 incidências, representando uma probabilidade de 28,66%, o que possibilita dizer que o lucro estimado nesse cenário, está na classe de R\$0,00 a R\$ 10.000.

Já o valor médio do lucro estimado, no cenário otimista, foi de R\$ 29,7 milhões de reais (Tabela 7) e a mediana foi de R\$ 12,0 milhões de reais, o que indica que metade dos valores do lucro estimado, está abaixo deste valor e a outra metade está acima da mediana.

Na hipótese de haver uma maior disponibilidade hídrica para a irrigação da lavoura de arroz, isto pode ocasionar um aumento no nível da lâmina d'água, sendo que o volume mínimo necessário para manter a irrigação da lavoura deve estar em torno de 10 cm de lâmina d'água no tabuleiro do arroz irrigado (SANTOS; RABELO, 2010). O aumento deste nível pode acarretar na morte das mudas e facilitar o aparecimento das doenças do arrozal, levando a uma possível redução no lucro.

Mas, como consequência desta maior disponibilidade de grãos para a venda, tanto no mercado interno, como no externo, isso poderá diminuir o preço de venda do produto, em virtude da grande oferta, logo, o mercado tenderá a equilibrar as forças do mercado, isto é, a quantidade ofertada deverá ser igual à quantidade demandada, inclusive afetando o preço da *commoditie*, em virtude da lei da oferta e da procura.

Todavia, mesmo havendo uma possível redução no preço da *commoditie* no mercado, por haver maior disponibilidade de grãos para a venda, sendo o grão de boa qualidade, isto pode influenciar positivamente no lucro.

7.3 Cenário Pessimista

Na simulação do cenário pessimista, buscou-se fazer com que interagissem as diversas variáveis, de forma a evidenciar resultados positivos e/ou negativos para a produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia.

Os mesmos critérios do cenário otimista foram seguidos, de modo que as variáveis do modelo (área plantada, preço de venda e custo) foram mantidas constantes (*ceteris paribus*), com exceção da disponibilidade hídrica. Neste caso, buscou-se medir o provável prejuízo ou a redução no lucro final que poderia ocorrer, caso acontecesse uma diminuição da disponibilidade de água para uso na irrigação.

Neste cenário, a disponibilidade hídrica passou de 4,68 m³/h/hectare para apenas 0,87 m³/h/hectare, representando uma redução de aproximadamente 81% em relação ao cenário real da bacia do Araguaia/Tocantins. O valor de 0,87 m³/h/hectare é a diferença entre o valor médio (4,68 m³/h/hectare) e o desvio padrão da amostra (3,81 m³/h/hectare).

Esta redução significativa na disponibilidade do recurso hídrico para a utilização na irrigação da lavoura de arroz não implica, necessariamente, em uma

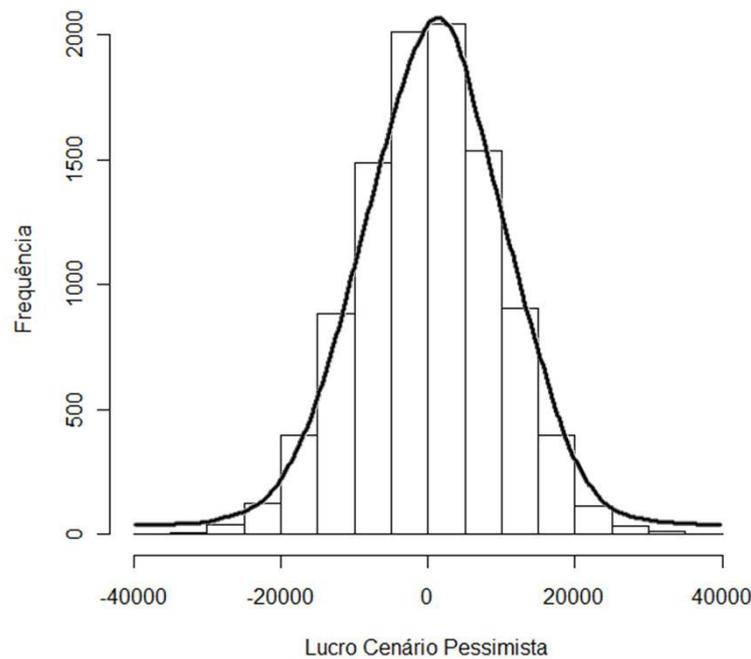
redução da área plantada e, nem mesmo, na redução da produção ou da produtividade.

Tal redução provoca nos usuários uma necessidade de uso mais racional e eficiente da água para que possam ser mantidos os mesmos padrões de produção e de produtividade em relação ao período de abundância deste recurso natural.

Deve-se ressaltar que a água disponível no rio serve, tanto para a irrigação, quanto para o consumo humano. Portanto, uma menor disponibilidade deste bem natural poderá provocar uma maior demanda de todos os usuários, sejam diretos ou indiretos.

No caso de aumento da demanda de água, os indivíduos que utilizam este bem para a irrigação poderão entrar em conflito de interesses pelo uso da mesma, já que existem diversos empreendimentos às margens do rio que também necessitam de água. Em virtude do posicionamento dos empreendimentos, alguns usuários podem beneficiar-se em detrimento de outros, usufruindo, assim, de uma maior quantidade de água, quantidade, inclusive, superior ao que lhes é cabível, de acordo com a outorga concedida pelo órgão estadual responsável pelo controle e uso das águas no estado.

No cenário pessimista, simularam-se também 10.000 replicações com o intuito de minimizar o erro. Identificou-se que os dados estão distribuídos de forma normal, ou seja, possuem a mesma probabilidade de ocorrência, conforme Gráfico 6.



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 6 - Curva normal e da distribuição de frequência acumulada no cenário pessimista

Para auxiliar na análise deste cenário, calculou-se, também, o intervalo de confiança da amostra. O intervalo de confiança foi definido em 95%, sendo calculado conforme descrito no tópico 7.1.2.

Os valores encontrados para o cenário pessimista, quanto ao intervalo de confiança, podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 8 - Intervalo de confiança no Cenário Pessimista a 95%

Limite Inferior	Limite Superior
(R\$16.377,44)	R\$20.807,86

Nota: Valores do limite inferior e superior em milhões de reais

Fonte: Dados da pesquisa

Utilizou-se o comando `table(cut(...))` para definir as classes com as suas respectivas frequências. Esse comando calcula a quantidade de classes a serem utilizadas, bem com a amplitude das mesmas (descrito no item 7.1.2). A partir dessa

definição, foi possível identificar o percentual com que os dados simulados do resultado (lucro ou prejuízo) da produção de arroz irrigado ocorreram dentro do intervalo de confiança (Tabela 9).

Tabela 9 - Intervalos de classes da amostra para o Cenário Pessimista

Intervalo	Frequência	Percentual
De (R\$40.000) até (R\$30.000)	9	0,09%
De (R\$30.000) até (R\$20.000)	163	1,63%
De (R\$20.000) até (R\$10.000)	1.284	12,84%
De (R\$10.000) até R\$0,00	3.504	35,04%
De R\$0,00 até R\$10.000	3.581	35,81%
De R\$10.000 até R\$20.000	1.302	13,02%
De R\$20.000 até R\$30.000	146	1,46%
De R\$30.000 até R\$40.000	11	0,11%
TOTAL	10.000	100,00%

Nota: Valores entre parêntese representam números negativos

Fonte: Dados da pesquisa

Como o intervalo de confiança da amostra está entre (R\$16.377,44) e R\$20.807,86, a probabilidade para que o resultado (lucro ou prejuízo), nesse cenário, esteja dentro do intervalo definido de 95%, é de aproximadamente 90%.

Tabela 10 - Estatística descritiva do Lucro Estimado Cenário Pessimista

Mínimo	Mediana	Média	Máximo
(R\$ 37,1)	R\$ 8,9	R\$ 22,1	R\$ 35,2

Nota: Valores em milhões de reais

Fonte: Dados da Pesquisa

Nesse cenário, o maior resultado estimado foi de aproximadamente R\$ 35,2 milhões de reais e o menor valor foi de (R\$ 37,1) milhões de reais, conforme Tabela 10. A probabilidade para que o maior valor do lucro projetado no cenário pessimista possa acontecer é de apenas 0,11%. A chance para que ocorra o menor valor

estimado é de apenas 0,09% (Tabelas 9 e 10). No cenário pessimista, a maior concentração estimada do lucro está na faixa de (R\$10.000) a R\$10.000 com um percentual de 70,85%, conforme Tabela 9. A maior frequência do lucro estimado neste cenário está no intervalo de R\$ 0,00 a R\$ 10.000 com 3.581 repetições, representando 35,81% de probabilidade de ocorrência. A média do lucro estimado neste cenário foi de R\$ 22,1 milhões de reais e a mediana dos dados foi de R\$ 8,9 milhões, o que significa dizer que metade dos valores simulados encontra-se abaixo deste valor e a outra metade dos resultados encontrados está acima deste valor.

Comparando o lucro médio do cenário pessimista com o lucro médio do otimista, houve uma redução no lucro médio estimado de aproximadamente 25,6%.

A redução do lucro médio do cenário otimista para o pessimista pode ser explicada pela pouca disponibilidade de água para ser utilizada na irrigação da lavoura. Isso pode acarretar uma redução na quantidade produzida e, conseqüentemente, na produtividade da lavoura de arroz irrigado. Segundo Santos e Rabelo (2010), o consumo de água pelas lavouras do estado do Tocantins, está associado à altura do lençol freático que oscila em função do nível de água dos rios - nível este, diretamente afetado pelas chuvas.

A pouca disponibilidade hídrica, considerada no cenário pessimista, na bacia do Rio Formoso, pode ser explicada por alguns fatores, como, por exemplo, a pouca incidência de chuvas na região, que pode reduzir o nível dos rios, diminuindo consideravelmente a quantidade de água a ser utilizada na irrigação da lavoura.

De acordo com Santos e Rabelo (2010), o volume de chuva na região deve ser em torno de 35 mm, o suficiente para manter uma boa irrigação da lavoura. No entanto, em caso de não existir este volume mínimo, isto poderá acarretar o surgimento das doenças tradicionais da cultura do arroz, como a brusone na

panícula, o que ocasionará prejuízos na produção, em virtude da morte total ou parcial da lavoura.

A concorrência pelo uso das águas da bacia do Araguaia-Tocantins é outro fator que pode levar à redução da disponibilidade hídrica para uso na irrigação. Quanto mais empreendimentos existentes ao longo da bacia, mais água será demandada pelos usuários, não apenas para a irrigação, como também para o consumo humano, a dessedentação de animais, o uso na indústria, entre outras finalidades. Tal circunstância poderá comprometer a produção do arroz irrigado no médio e no longo prazo.

No Quadro 3 é apresentado um resumo dos dados dos Cenários Otimista e Pessimista.

Quadro 3 - Resumo dos Cenários Otimista e Pessimista

Variáveis	Cenários	
	Otimista	Pessimista
Maior Valor Simulado	R\$ 47,2 milhões	R\$ 35,2 milhões
Menor Valor Simulado	(R\$ 49,8) milhões	(R\$ 37,1) milhões
Mediana	R\$ 12,0 milhões	R\$ 8,9 milhões
Média	R\$ 29,7 milhões	R\$ 22,1 milhões
Menor Valor Simulado	0,85%	0,09%
Maior Valor Simulado	0,22%	0,11%
Primeira Maior Incidência	28,66%	35,81%
Segunda Maior Incidência	28,12%	35,04%
Limite Inferior	(R\$ 21,9) milhões	(R\$ 16,4) milhões
Limite Superior	R\$ 27,8 milhões	R\$ 20,8 milhões
Disponibilidade Hídrica	8,49 m ³ /h/ha	0,87 m ³ /h/ha
Replicações	10.000	10.000

Fonte: Elaborado pelo autor

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi simular os impactos na lucratividade da produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia, variando apenas a disponibilidade hídrica na bacia, mantendo-se as demais variáveis constantes.

Com base no objetivo proposto e nos resultados obtidos nas replicações, pôde-se concluir que:

- Com uma maior quantidade de água para utilizar na irrigação, pode ocorrer um aumento da produção e na produtividade da cultura, proporcionando aos produtores maiores quantidades de matérias-primas para a venda. Diante disto, pode haver um ganho na qualidade do arroz produzido na região ocasionando, assim, uma melhora no preço de venda do produto.
- Uma maior quantidade de grãos disponíveis para a venda poderá implicar na redução no preço de venda do produto, tanto no mercado interno, como no externo, condição que pode ser contornada por meio de um volume de venda maior.
- Quanto ao lucro médio estimado no cenário pessimista em relação ao cenário otimista, houve uma redução de aproximadamente 25,6%. Um fator que pode ter auxiliado na redução do lucro do cenário otimista para o pessimista foi a escassez d'água, já que a pouca disponibilidade deste insumo pode contribuir para o surgimento das doenças do arrozal, como a brusone na panícula. Essa

escassez pode estar associada à falta de chuva, por longos períodos na região, o que proporciona a redução natural do nível dos rios.

- Oscilando apenas a variável disponibilidade hídrica no modelo, pôde-se perceber que, apenas ela, não é fator determinante na lucratividade final da produção.
- Diante do exposto, torna-se importante investigar, por meio de novos estudos, quais seriam os outros fatores (área plantada, preço de venda e preço de custo) ou as outras variáveis, associadas ou não à escassez de recursos hídricos, que poderiam contribuir significativamente para a diminuição ou o aumento do lucro final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, Maria da Conceição Estrella. **Valoração Econômica do Meio Ambiente: O Método de Valoração Contingente no Brasil**, 2002. 139 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/face/eco/ceema/mestradodissertacoes.html>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Perguntas e Respostas Frequentes**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/Outorga/default2.asp>>. Acesso em: 26 abr. 2009a.

_____. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Tocantins Araguaia: Sumário Executivo e Temas Estratégicos**. Brasília, DF, 2009b.

_____. **A navegação interior e sua interface com o setor de Recursos Hídricos**. Brasília: DF. 2007, 172p. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 29 abr. 2009c.

_____. **Resolução ANA nº 707 de 2004**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2004/707-2004.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2009.

ALMEIDA, José Ribeiro de. **Perícia Ambiental Judicial e Securitária: impacto, dano e passivo ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. Thex, 2006.

ARAÚJO, Romana Coêlho. **Procedimentos prévios para valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público**. 2003, 116 f. (Dissertação de Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação. Universidade de Brasília, Brasília, 2003. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/face/eco/ceema/mestradodissertacoes.html>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

BARBISAN, Ailson Oldair *et al.* Aplicação do Método de avaliação contingente através da técnica de disposição a pagar em área ocupada irregularmente no município de Passo Fundo, RS. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, nº 13, p. 27-26. 2009. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Res4_N13.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2010.

BOTÊLHO, Arlete de Freitas **Método custo de viagem na valoração do parque Municipal do Itiquira**, 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/face/eco/ceema/mestradodissertacoes.html>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 10 nov. 2009.

_____. Lei nº 9.433/97 – **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2009.

CAMPOS JÚNIOR, José Júlio Ferraz. **Valoração Econômica de Danos Ambientais: o caso dos derrames de petróleo em São Sebastião**, 2003. 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica e Planejamento de Sistemas Energéticos). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000310978>>. Acesso em: 20 ago. 2009.

CARDOSO, Eleonora Ribeiro. **A precificação dos recursos hídricos de uso urbano no Vale do Rio Cuiabá**, 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Econômica: Gestão Econômica do Meio Ambiente). Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/face/eco/ceema/mestradodissertacoes.html>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp>>. Acesso em: 29 abr. 2009.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003**. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=74>. Acesso em: 15 jun. 2010.

CORRAR, Luiz João. O modelo econômico da empresa em condições de incerteza aplicação do método de simulação de Monte Carlo. **Caderno de Estudos**. nº 8, São Paulo: FIPECAFI, 1993.

ESPERANCINI, Maura Seiko Tsutsui. **Métodos de valoração e a função dose-resposta**: dificuldades e viabilidade de aplicação em estudos de poluição do ar. 2000. Disponível em:

<<http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/holos/article/viewFile/1641/1431>>. Acesso em: 20 out 2009

FAUCHEUX, Sylvie; NOËL, Jean François. **Economia dos Recursos Naturais e do Meio Ambiente**. 1. ed. Portugal: Instituto Piaget, 1997.

FERNANDES, César Augusto Becker de Araújo. **Gerenciamento de riscos em projetos**: como usar o Microsoft Excel para realizar a simulação Monte Carlo.

Disponível em: <<http://www.bbbrothers.com.br/scripts/Artigos/MonteCarloExcel.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2009.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, L. Hunter. **Capitalismo Natural**: criando a próxima Revolução Industrial. Tradução de Luiz A. de Araújo e Maria Luiza Felizardo. São Paulo: Editora Cultrix, 1999.

HOOG, W. A. Z. **Fundo de Comércio Goodwill em**: apuração de haveres, balanço patrimonial, dano emergente, lucro cessante, locação não residencial. Curitiba: Juruá, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário de 2006**. Resultados Preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

LIMA, Diana Vaz de; VIEGAS, Waldyr. Tratamento contábil e evidenciação das externalidades ecológicas. **Revista de Contabilidade & Finanças da USP**, São Paulo, n. 30, p. 46 - 53, set./dez. 2002. Disponível em:

<http://www.eac.fea.usp.br/cadernos/completos/cad30/revista_30_parte4.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2010.

LIMA, Luiz Henrique Moraes. **O controle externo do patrimônio ambiental brasileiro**. 2000. 452 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético).

Faculdade de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2000. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/lhmdelima.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2009.

MAIA, Alexandre Gori. **Valoração de Recursos Ambientais**, 2002. 183 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente). Instituto de Economia da UNICAMP. Universidade de Campinas, Campinas, SP, 2002. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000243573>>. Acesso em: 20 ago. 2009.

MARQUES, João Fernando; COMUNE, Antônio Evaldo. A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: ROMEIRO, Ademar Ribeiro; REYDON, Bastiaan Philip; LEONARDI, Maria Lúcia Azevedo (Org). **Economia do Meio Ambiente**. 3. ed. Campinas: Ed. Unicamp, 2001.

NOGUEIRA, Jorge Madeira; MEDEIROS, Marcelino Antônio Asano de; ARRUDA, Flávia Silva Tavares. **Valoração econômica do meio ambiente: Ciência ou Empirismo?** In: 50ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. 1998.

NOGUEIRA, Jorge Madeira; MEDEIROS, Marcelino Antônio Asano de; ARRUDA, Flávia Silva Tavares de. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo? **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.17, n.2, p. 81-115, maio/ago. 2000. Disponível em: <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/cct/v17/cc17n203.pdf>> Acesso em: 17 mar. 2010.

NUNES, Paulo. **Conceito de Externalidades**. 2009. Disponível em: <<http://www.knoow.net/cienceconemp/economia/externalidades.htm>>. Acesso em: 8 mar. 2010.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Microeconomia**. 6. ed. Tradução: Eleutério Prado, Thelma Guimarães. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

PONCIANO, Niraldo José; SOUZA, Paulo Marcelo; MATA, Henrique Tomé. **Análise das externalidades negativas no meio ambiente e sustentabilidade na agropecuária**. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008, Rio Branco, AC:SOBER, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/865.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2010.

PRADO, Thiago Guilherme Ferreira. **Externalidades do ciclo produtivo da cana-de-açúcar com ênfase na produção de energia elétrica**. 2007. 252 f. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-21062007-224847/>>. Acesso em: 16 mar. 2010.

PUGAS, Maurício Alves Rodrigues. **Valoração Contingente de Unidades de Conservação:** avaliando a DAP Espontânea e Induzida da População de Rondonópolis (MT) pelo Horto Florestal, 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/face/eco/ceema/mestradodissertacoes.html>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

REIS, Marcelo de Miranda. **Custos Ambientais Associados à geração elétrica:** Hidrelétricas x Termelétricas a Gás Natural. 200 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Faculdade de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2001. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/mmiranda.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2010.

SANTANA, Jorge Roberto Targino. **Valoração econômica e conservação do meio ambiente:** explorando a disposição a pagar de uma comunidade de baixa renda, 2002. 89 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/face/eco/ceema/mestradodissertacoes.html>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

SANTOS, Alberto Baêta dos; RABELO, Raimundo Ricardo. **Cultivo de Arroz Irrigado no Tocantins.** Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/index.htm>>. Acesso em: 03 mar. 2010.

SEROA DA MOTTA, Ronaldo. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais.** Rio de Janeiro: Ipea/MMA, 1997.

SEROA DA MOTTA, Ronaldo. **Economia Ambiental.** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

SILVA, Hermes Medeiros da, *et al.* **Estatística para os cursos de Economia, Administração e Ciências Contábeis.** 3. ed. São Paulo: Atlas, v.1, 1999.

SILVA, Maria Hercília da. **Modelo de procedimento para elaboração de metodologia de valoração econômica de impactos ambientais em bacia hidrográfica** – estudo de caso – Guarapiranga – aplicação da função dose-resposta, 2008. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da USP. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-28032008-180244/>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

SILVA, Pedro Paulo de Lima *et al.* **Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais**. In: CUNHA, Sandra Baptista e GUERRA, Antônio José Teixeira (Organizadores). Avaliação e Perícia Ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SOUSA, Maria da Conceição Sampaio de. **Bens Públicos e Externalidades**. Disponível em <<http://e-groups.unb.br/face/eco/inteco/textosnet/1parte/externalidades.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2010.

STEVENSON, William J. **Estatística Aplicada à Administração**. Tradução Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Harbra, 1981.

TOCANTINS (ESTADO). Secretaria de Infra estrutura. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Tocantins**. 2009.

_____. Secretaria de Infra estrutura. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Tocantins**. 2007a.

_____. Secretaria de Infra estrutura. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Tocantins**. Relatório Síntese. 2007b.

_____. Lei 1.307 de 22 de março de 2002. **Política Estadual dos Recursos Hídricos**. Disponível em <http://www.al.to.gov.br/arq/AL_arquivo/7552_Lei1307_02.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2009.

APÊNDICES

Apêndice A – Construção do cenário otimista para simulação das probabilidades de ocorrência do lucro a partir da oscilação positiva do recurso hídrico

#Cenário Otimista

```
set.seed(12345)
```

```
n=10000
```

```
Receita<-scan()
```

```
47365360
```

```
59217919
```

```
71124039
```

```
16000037
```

```
48104356
```

```
73908384
```

```
41017838
```

```
98884849
```

```
Custo<-scan()
```

```
49675985
```

```
38723157
```

```
63046916
```

```
79789488
```

```
11460012
```

```
11105106
```

```
46992626
```

```
80067158
```

```
Lucro<-scan()
```

```
-2310625
```

```
2049476
```

```
8077122
```

```
8021088
```

```
3350422
```

```
-37142680
```

```
-5974787
```

```
18817690
```

```
ReceitaM<-mean(Receita)
```

```
ReceitaM
```

```
DPRreceita<-sd(Receita)
```

```
DPRreceita
```

```
CustoM<-mean(Custo)
```

```
CustoM
```

```
DPCusto<-sd(Custo)
```

```
DPCusto
```

```
LucroM<-mean(Lucro)
```

```
LucroM
```

```
DPLucro<-sd(Lucro)
```

DPLucro

Agua=4.61
 SDAgua=3.97
 AplantadaM=46210
 PCusto=1424
 PVenda=1099

#Criando variáveis cenário otimista

AguaOT=Agua+SDAgua

#Criando Lucro Determinístico (função)

DetLucroOT=(((AguaOT*AplantadaM)*PVenda))-(((AguaOT*AplantadaM)*PCusto))

#Criando Lucro Probabilístico

ProbLucro=Lucro*rnorm(n)
 ProbLucroOT=DetLucroOT*rnorm(n)
 summary(DetLucroOT)
 summary(ProbLucroOT)

#criando lucro ordenado

LucroOT=sort(ProbLucroOT)/10000
 LucroOT
 library(lattice)
 library(KernSmooth)

#estimando das densidades

kserOT = bkde(LucroOT, kernel = "epanech")
 kseOT = bkde (LucroOT, kernel = "epanech")

#Construção do Intervalo de confiança

t.test(ProbLucroOT)

#vizualizando as funcoes de densidade

#Gráfico curva normal

plot(kserOT\$x,kseOT\$y, type="l", xlab="Lucro Total", ylab="Densidade", col="black")
 lines(kseOT\$x,kseOT\$y, type="l", col="black", lwd=3)

#Gráfico histograma (frequência)

hist(ProbLucroOT/10000, ylab="Frequência", xlab="Lucro Cenário Otimista",
 main="")

#Calculando o intervalo dos dados e a frequência

table(cut(ProbLucroOT/10000, breaks = c (-40000, -30000, -20000, -10000, 0,
 10000, 20000, 30000, 40000), labels = c ("-40000|-30000", "-30000|-20000", "-
 20000|-10000", "-10000|0", "0|10000", "10000|20000", "20000|30000",
 "30000|40000"), right = F))

Apêndice B – Construção do cenário pessimista para simulação das probabilidades de ocorrência do lucro a partir da oscilação negativa do recurso hídrico

#Cenário Pessimista

```
set.seed(12345)
```

```
n=10000
```

```
Receita<-scan()
```

```
47365360
```

```
59217919
```

```
71124039
```

```
160000375
```

```
48104356
```

```
73908384
```

```
41017838
```

```
98884849
```

```
Custo<-scan()
```

```
49675985
```

```
38723157
```

```
63046916
```

```
79789488
```

```
11460012
```

```
11105106
```

```
46992626
```

```
80067158
```

```
Lucro<-scan()
```

```
-2310625
```

```
2049476
```

```
8077122
```

```
8021088
```

```
3350422
```

```
-37142680
```

```
-5974787
```

```
18817690
```

```
ReceitaM<-mean(Receita)
```

```
ReceitaM
```

```
DPRreceita<-sd(Receita)
```

```
DPRreceita
```

```
CustoM<-mean(Custo)
```

```
CustoM
```

```
DPCusto<-sd(Custo)
```

```
DPCusto
```

```
LucroM<-mean(Lucro)
```

```
LucroM
```

```
DPLucro<-sd(Lucro)
```

DPLucro

Agua=4.61

SDAgua=3.97

AplantadaM=46210

PCusto=1424

PVenda=1099

#Criando variáveis cenário pessimista

AguaPE=Agua-SDAgua

#Criando Lucro Determinístico (função)

DetLucroPE=(((AguaPE*AplantadaM)*PVenda))-(((AguaPE*AplantadaM)*PCusto))

#Criando Lucro Probabilístico

ProbLucro=Lucro*rnorm(n)

ProbLucroPE=DetLucroPE*rnorm(n)

summary(DetLucroPE)

summary(ProbLucroPE)

#criando lucro ordenado

LucroPE=sort(ProbLucroPE)

LucroPE

library(lattice)

library(KernSmooth)

#estimando das densidades

kserPE = bkde(LucroPE, kernel = "epanech")

ksePE = bkde (ProbLucroPE, kernel = "epanech")

#Construção do Intervalo de confiança

t.test(ProbLucroPE)

#vizualizando as funcoes de densidade

#Gráfico curva normal

plot(ksePE\$x/1000,ksePE\$y, type="l", xlab="Lucro Total", ylab="Densidade",
col="black")

lines(ksePE\$x/1000,ksePE\$y, type="l", col="black", lwd=3)

#Gráfico histograma (frequência)

hist(ProbLucroPE/1000, ylab="Frequência", xlab="Lucro Cenário Pessimista",
main="")

#Calculando o intervalo dos dados e a frequência

table (cut(ProbLucroPE/1000, breaks = c (-40000, -30000, -20000, -10000, 0, 10000,
20000, 30000, 40000), labels = c ("-40000|-30000", "-30000|-20000", "-20000|
-10000", "-10000|0", "0|10000", "10000|20000", "20000|30000", "30000|40000"), right
= F))