

## **ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO IRRIGADO BETUME, BAIXO SÃO FRANCISCO - SERGIPE**

Julieta Augusto Nhamossa<sup>1</sup>, Laura Jane Gomes<sup>2</sup>, Fábio Brandão Brito<sup>3</sup>, Antenor de Oliveira Aguiar Netto<sup>4</sup>

### **RESUMO**

Neste estudo objetivou-se analisar a sustentabilidade do Perímetro Irrigado Betume por meio de indicadores ambientais, sociais e econômicos, num horizonte temporal de cinco anos (2009-2014). Para tal, foram selecionados indicadores e mensurados com base na adaptação do método Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais, incorporando Indicadores de Sustentabilidade em conjunto com a Técnica de Análise Hierárquica. Foram selecionados 20 indicadores, sete da dimensão ambiental, seis da dimensão social, e sete da dimensão econômica. Para cada indicador selecionado, foi atribuído um valor que representa o seu desempenho, na escala de zero a dez. O valor foi associado ao peso de cada indicador para a obtenção do índice de sustentabilidade por cada dimensão estudada, em que os índices obtidos por dimensão foram 3,81; 5,83; e 6,09; respectivamente. Assim, o índice de Sustentabilidade do Perímetro Irrigado Betume foi 5,24, que pressupõe uma situação de sustentabilidade comprometida.

**Palavras-chave:** agricultura irrigada, políticas públicas, MESMIS.

## **SUSTAINABILITY INDICATORS OF THE IRRIGATED PERIMETER BETUME, IN THE LOW SÃO FRANCISCO RIVER – SERGIPE**

### **ABSTRACT**

This work aimed to analyze the sustainability of irrigated Bitumen perimeter through indicators in environmental, social and economic dimensions, in a horizon time of five years (2009-2014). For such, indicators were selected and measured based on Marco method for Assessment of Management Systems for Natural Resources Incorporating Sustainability Indicators combined

---

<sup>1</sup> Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Sergipe, e-mail: junhampossa87@gmail.com

<sup>2</sup> Dra. em Engenharia Agrícola, Prof. Associada no Dep. de Ciências Florestais da UFS, Prof. Do PRORH/UFS, e-mail: laurabuturi@gmail.com

<sup>3</sup> Dr. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Prof. titular do Instituto Federal de Sergipe, e-mail: brandaobritto@hotmail.com

<sup>4</sup> Dr. em Agronomia, Prof. Do Departamento de Engenharia Agrônômica da UFS, Prof. Do PRORH/UFS, e-mail: antenor.ufs@gmail.com

with the Hierarchical Analysis Technique. In this way, 20 indicators were selected, 7 of the environmental dimension, 6 of the social dimension, and 7 of the economic dimension. To each indicator was assigned a value that represents its performance, on scale from 0 (zero) to 10 (ten). This value was associated to the weight of each indicator to obtaining the sustainability index for each studied dimension. In that, the indices obtained by these dimensions were 3.81; 5.83; and 6.09; respectively. Therefore, the sustainability index for irrigated Bitumen perimeter was 5.24, which means that the perimeter is in a compromised sustainability situation.

**Keywords:** irrigated agriculture, public policies, rice cultivation

## INTRODUÇÃO

A água tem sido considerada cada vez mais como um recurso escasso e valioso que exige uma gestão rigorosa e cuidadosa. O setor agrícola faz parte ativa desse contexto, pois é o principal consumidor de água e representa cerca de 70% de consumo mundial (PÉREZ & CAÑAS, 2013).

A atuação do governo federal no setor de irrigação priorizou a agricultura irrigada como base para o desenvolvimento econômico por meio da implantação de projetos públicos de irrigação com a criação da Companhia para o Desenvolvimento do Vale São Francisco e Paraíba (CODEVASF) e do Departamento Nacional de Obras Contra Seca (DNOCS). A CODEVASF é uma Empresa pública, criada em 1974 com o responsabilidade de implementação de um programa de irrigação no vale do São Francisco, abrangendo os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas (DOURADO et al., 2006). O Perímetro Irrigado Betume faz parte desse contexto.

Silva e Lopes (2003) identificaram vários problemas no Perímetro Irrigado Betume (P. I. Betume), seja de origem ambiental assim como socioeconômica, porém, até então, nenhuma pesquisa havia desenvolvido uma metodologia que permitisse traduzir os problemas identificados em indicadores mensuráveis de modo a auxiliar na identificação de estratégias para a mitigação das fragilidades do perímetro.

Convém ressaltar que a necessidade de consolidar indicadores de sustentabilidade foi resultante da recomendação da Agenda 21, adotada na Conferência Internacional da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, cujo objetivo foi

traduzir os princípios de desenvolvimento sustentável em práticas a serem monitoradas pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável (OECD, 2008). Portanto, o interesse sobre indicadores de sustentabilidade vem se desenvolvendo há mais de 20 anos por entidades governamentais e não-governamentais, universidades e instituições de pesquisa.

Assim, considerou-se para a presente pesquisa que o desenvolvimento de indicadores poderá permitir a obtenção de informações que possam subsidiar estratégias para o planejamento e gestão de áreas irrigáveis, pois os indicadores são capazes de retratar o contexto de uma maneira científica e auxiliam na identificação de potencialidades e limitações.

A avaliação da sustentabilidade consiste em selecionar indicadores, atribuir valores ou subíndices, ponderar ou atribuir pesos e por fim agregar as informações em um índice (JUWANA et al., 2012).

O enfoque sistêmico é imprescindível na análise de indicadores pois auxilia na compreensão dos conceitos existentes em diversos campos do conhecimento e as suas relações (CABRERA et al., 2008). Segundo Bellamy et al. (2001), os modelos de planejamento e gestão de recursos naturais devem conciliar esses campos e os tomadores de decisão devem usar um quadro de gestão prático e eficaz baseado no amplo espectro multidisciplinar.

Nessa perspectiva, o presente estudo objetivou analisar a sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume nas suas dimensões ambiental, social e econômica, com base no enfoque sistêmico, de modo a determinar um índice geral que classifica o perímetro quanto ao nível sustentabilidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Perímetro Irrigado Betume está inserido na Sub bacia Hidrográfica do Rio Betume, tributário do Rio São Francisco. Em operação desde 1978, o P. I. Betume encontra-se na região do vale Baixo São Francisco, na margem direita do rio, a 35 Km da sua foz, entre os municípios Ilha das Flores, Neópolis e Pacatuba, no estado de Sergipe, com uma superfície total de 6.698 ha, dos quais apenas 2.860 ha são de área irrigável. Segundo a classificação de Thornthwaite, o clima da região é sub úmido, com duas estações, uma úmida fresca que vai de março a setembro e outra seca e quente, que vai de outubro a fevereiro. A precipitação média anual de 1.555 mm, onde os meses de maio, junho e julho são considerados os mais chuvosos. Os solos que caracterizam a região são hidromórficos e aluviais com predominância de textura argilosa e de pouca profundidade. Em grande parte do ano, o lençol freático encontra-se próximo a superfície do solo, interferindo nas suas características físicas, químicas e biológicas, sendo o arroz a principal cultura produzida no perímetro (CODEVASF, 2005).

A pesquisa foi realizada nos anos 2013-2015, com base no levantamento e análise de dados secundários e por se tratar de um estudo de avaliação da sustentabilidade, foram coletadas informações referentes a um horizonte temporal de cinco anos (2009-2014).

A coleta e análise de informações baseou-se na adaptação do método Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (MESMIS) combinado com a técnica para a Técnica de Análise Hierárquica (AHP).

O MESMIS consiste em traduzir os princípios gerais de sustentabilidade em operações práticas (LÓPEZ et al., 2002). Já o AHP é uma abordagem multicritério

desenvolvida por Tomas L. Saaty no início da década de 70, utilizado no apoio à tomada de decisão em problemas com múltiplos critérios (SAATY, 1990).

A operacionalização prática do MESMIS combinada com a técnica AHP e asseada no enfoque sistêmico, compreendeu cinco principais etapas a saber: caracterização do sistema de orizicultura, seleção de indicadores, mensuração de indicadores, atribuição de pesos e cálculo do índice de sustentabilidade.

### a) Caracterização do sistema de orizicultura

A orizicultura é a principal atividade realizada no Perímetro Irrigado do Betume (98,16% dos agricultores). Portanto, a seleção de indicadores foi baseada também na caracterização da orizicultura como um sistema, pois, segundo Espinosa et al. (2008), o sistema é definido como um complexo dinâmico onde os elementos interagem entre si e com o meio ambiente, com entradas, processos e saídas, tornando o sistema funcional.

### b) Seleção de indicadores

Essa etapa ocorreu a partir da determinação de uma série de pontos críticos específicos para o sistema que foram determinados com base no trabalho de Pereira e Martins (2010) Assim foram: qualidade da água, manutenção da vegetação natural, manuseio de agrotóxicos, análise de solos, escolaridade, habitação, saneamento básico, produtividade, inserção organizacional, comercialização, renda e mão de obra.

Para cada ponto crítico, foram definidos os indicadores e critérios de diagnóstico para a definição de fortalezas e debilidades, de acordo com a legislação brasileira (Tabela 1). Com isso, foram selecionados 20 indicadores de acordo com as dimensões em estudo, constando sete da dimensão ambiental, seis da dimensão social e sete da dimensão econômica.

**Tabela 1.** Indicadores selecionados para a avaliação de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Betume nas três dimensões estudadas, parâmetros para as fortalezas, debilidades e critérios de definição de fortalezas.

Indicadores	Fortalezas e debilidades	Critérios
Dimensão Ambiental		

1. Qualidade da água (IQA)	10 = $80 \leq IQA \leq 100$ 8 = $52 \leq IQA < 80$ 6 = $37 \leq IQA < 52$ 4 = $20 \leq IQA < 37$ 2 = $0 \leq IQA < 20$	CETESB (2013)
2. Análise de solo	100% = Faz análise de solo 0% = Não faz análise de solo	Brasil (1991)
3. Uso de E.P.I.	100% = Usa 0% = Não usa	Brasil (1989), Brasil (2002)
4. Realização da tríplice lavagem	100% = Realiza 0% = Não realiza	Brasil (1989), Brasil (2002)
5. Descarte de embalagens	100% = Retorna às lojas 0% = Não retorna	Brasil (1989), Brasil (2002)
6. Reserva Legal	100% = Averbada 0% = Não averbada	Brasil (1965)
7. Área de Preservação Permanente	100% = Preservada 50% = Em recuperação 0% = Totalmente degradada	Brasil (1965)
<b>Dimensão Social</b>		
8. Nível educacional	100% = Médio completo 50% = Fundamental completo 0% = Analfabeto	Brasil (1996)
9. Habitação	100% = Casa própria 0% = Não	Brasil (1988)
10. Abastecimento de água	100% = Com tratamento 0% = Sem tratamento	Brasil (2007)
11. Destino de dejetos	100% = Fossa séptica 0% = Céu aberto	Brasil (2007)
12. Participação social	100% = Participa 0% = Não participa	Brasil (1991), Brasil (2006)
13. Cursos de capacitação	100% = Participa 0% = Não participa	Brasil (2006)
<b>Dimensão Econômica</b>		
14. Produtividade/ha	100% = Maior ou igual produtividade média do Estado de Sergipe	Brasil (1991)
15. Comercialização	100% = Indústrias de beneficiamento 75% = Empresário de fábrica 50% = Empresário e atravessador 25% = Atravessador	Brasil (1991)
16. Situação perante agente financeiro	100% = Adimplente 0% = Inadimplente	Brasil (1991)

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO IRRIGADO BETUME, BAIXO SÃO FRANCISCO - SERGIPE

17. Renda obtida no lote	100% = Maior ou igual a 1 salário	Brasil (1988)
	0% = Menos de 1 salário	
18. Outras fontes de renda	100% = Maior ou igual a 1 salário	Brasil (1988)
	0% = Menos de 1 salário	
19. Renda total	100% = Mais de 1 salário	Brasil (1988), Brasil (2006)
	0% = Menos de 1 salário	
20. Mão de obra	100% = Familiar	Brasil (2006)
	50% = Familiar e Contratada	
	25% = Contratada	

Os dados sociais, econômicos e ambientais para a mensuração dos indicadores foram obtidos nas seguintes fontes: Diagnóstico socioeconômico do Perímetro Irrigado do Betume realizado no período 2009/2010 pela empresa - Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda (FAMA, 2009) e dados fornecidos por técnicos da Companhia para o Desenvolvimento do Vale São Francisco e Parnaíba (CODEVASF), 4ª superintendência regional, que é o órgão gestor do perímetro.

### c) Mensuração dos indicadores

Os indicadores foram mensurados com atribuição de valores de zero a 10, mediante o uso dos métodos propostos pela OCDE (2008) por meio do redimensionamento contínuo, distância em relação a referência e escala categórica.

**1) Mínimo – Máximo:** Para a maioria dos indicadores (18) que foram apresentados em porcentagens, foi aplicada a fórmula mínimo-máximo (Eq. 1) que consistiu em definir uma gama de valores na escala de 0-10, em que zero é o valor mínimo ou crítico e 10, o valor máximo ou desejado do indicador:

$$Si = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \cdot 100 \quad (1)$$

Sendo: Si - Valor do indicador i;  $X_i$  - Valor atual do indicador i;  $X_{\min}$  e  $X_{\max}$  - os limites mínimo e máximo do indicador.

**2) Distância em relação à referência:** Este método foi usado para a mensuração da produtividade. Foi considerada como referência, a produtividade média do estado de Sergipe das

últimas cinco safras (2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14), tendo em conta o horizonte temporal do estudo:

$$Si = \frac{X_c^t}{X_c^{t0}} \quad (2)$$

Sendo: Si - Valor do indicador;  $X_c^t$  - valor da produtividade média do Perímetro Irrigado do Betume no período 2009-2014 e  $X_c^{t0}$  - valor da produtividade média do Estado de Sergipe no período 2009-2014.

**3) Escala categórica:** O método de escala categórica foi usado para a mensuração do Índice de Qualidade da Água (IQA). O IQA foi mensurado a partir da adaptação da escala de classificação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2013).

### d) Atribuição do peso aos indicadores selecionados

A atribuição de pesos foi baseada na técnica AHP que consiste em comparar os indicadores aos pares e atribuir um valor de um a nove, de acordo com a importância que um indicador tem sobre o outro, e com isso construir uma matriz quadrada (Eq.3) e recíproca.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & a_{ij} & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_m \end{bmatrix} \quad (3)$$

A comparação dos indicadores para atribuição de pesos foi feita por meio da percepção dos profissionais de cada área. A

escolha dos profissionais teve como critério professores cadastrados nos programas de Pós Graduação da Universidade Federal de Sergipe, nomeadamente: Programa de Pós Graduação em Economia, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa de Pós graduação em Recursos Hídricos e Programa de Pós Graduação em Sociologia, em que totalizou-se nove professores entrevistados, sendo três profissionais para cada dimensão.

A matriz resultante da comparação paritária foi normalizada, dividindo cada valor da matriz pelo respectivo somatório da coluna. Feito isso obteve-se uma nova matriz com os dados normalizados, onde o valor médio de cada linha da matriz correspondeu ao peso do respectivo indicador.

O AHP propõe uma análise da razão de consistência (RC) lógica dos dados, dado que a matriz é obtida por julgamentos pessoais. O RC é dado por:

$$RC = \left( \frac{CI}{RI} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

onde RI é a razão de inconsistência aleatória obtido para uma matriz recíproca de ordem. O seu valor depende do tamanho da matriz. Já o Índice de Consistência (CI) é dado por :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1)} \quad (5)$$

Onde  $\lambda_{\max}$  é o maior autovalor da matriz de julgamentos, calculado com base no seguinte procedimento:

- Para cada linha da matriz de comparação determinar a soma ponderada, com base na soma do produto de cada valor da mesma pelo peso do indicador correspondente;
- Depois os resultados obtidos deverão ser divididos pelos pesos do indicador da respectiva linha matriz;
- Fazendo uma média dos resultados de cada linha, obteremos  $\lambda_{\max}$ .

Os dados são considerados consistentes se  $RC \leq 0,10$  mas segundo Saaty, 1980 e Karlsson,

1998 citados por OCDE (2008), até 0,20 é considerado como não afetar drasticamente os pesos. Contudo, as matrizes de julgamento desta pesquisa foram todas consistentes.

Tendo os pesos de cada indicador, foi calculado o índice por cada dimensão com base na Eq. 6:

$$IS = p_1 I_1 + p_2 I_2 + \dots + p_n I_n \quad (6)$$

Sendo:

IS – Índice de sustentabilidade; p – peso do indicado; I – valor do indicador

O Índice de Sustentabilidade do Perímetro Irrigado de Betume (ISP) foi determinado com base na média aritmética dos três índices e classificado em: Seramente insustentável ( $ISP < 2,0$ ); Insustentável ( $2,0 < ISP < 4,0$ ); Sustentabilidade comprometida ( $4,0 < ISP < 6,0$ ), sustentabilidade ameaçada ( $6,0 < ISP < 8,0$ ) e sustentável ( $ISP > 8,0$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização do sistema orizicultura

Descrito aqui de forma sucinta, o sistema orizicultura do Perímetro Irrigado Betume tem como entradas sementes, adubos, defensivos agrícolas, solo, água, mão de obra, equipamentos. As sementes são fornecidas pelo Governo do Estado de Sergipe é proveniente de Santa Catarina, enquanto os adubos e defensivos agrícolas são adquiridos no mercado local pelos próprios irrigantes. O ciclo da cultura do arroz no Perímetro Irrigado Betume é de quatro meses, com plantio em agosto e colheita em dezembro. Dado que o plantio é intercalado devido a insuficiência de equipamentos, alguns lotes começam o plantio mais tarde em relação aos outros, fazendo com que o ciclo da cultura se estenda até março.

O sistema de irrigação do arroz é por inundação, e iniciada três a oito dias após a semeadura, conforme o desenvolvimento da planta. Aos poucos vai se retirando a água para controlar as ervas daninhas, em seguida volta-se com a água e vai completando, mantendo uma

**ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO IRRIGADO BETUME, BAIXO SÃO FRANCISCO - SERGIPE**

lâmina de água em torno de 10-15 cm até 15 dias antes da colheita.

Os defensivos agrícolas são aplicados pelo próprio produtor ou mão de obra contratada. Foi constatado que os critérios técnicos para aplicação dos defensivos agrícolas são pouco usados.

O arroz em casca é a saída principal do sistema, comercializado na forma bruta, por meio da interação entre o irrigante e o “atravessador” ou empresário de fábrica e

depois processado nas indústrias de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Propriá. As outras saídas do sistema são água, embalagens de defensivos e a renda dos agricultores.

**Índice de sustentabilidade nas três dimensões**

Os índices de sustentabilidade calculados com base na Eq. 3, considerando a nota e peso de cada indicador foram de 3,81; 5,83 e 6,09, para as dimensões ambiental, social e econômica, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Índices de sustentabilidade nas três dimensões para Perímetro Irrigado do Betume.

<b>A.</b>		<b>Indicador</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Nota</b>	<b>Peso</b>	<b>IS = I*P</b>	
Qualidade da água	6	0,34	2,02	
Análise do solo	1,615	0,17	0,27	
Uso de Equipamento de Proteção Individual	3,867	0,04	0,17	
Realização da tríplex lavagem	6,091	0,03	0,17	
Descarte de embalagens vazias	0,977	0,05	0,05	
Área de reserva legal	0	0,15	0,00	
Área de Preservação Permanente	5	0,23	1,13	
<b>Índice de Sustentabilidade Ambiental</b>			<b>3,81</b>	
<b>B.</b>		<b>Indicador</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Nota</b>	<b>Peso</b>	<b>IS = I*P</b>	
Nível de escolaridade	2,48	0,34	0,84	
Habitação	8,94	0,30	2,68	
Abastecimento de água	7,60	0,14	1,08	
Destino de dejetos	9,54	0,08	0,79	
Participação em organizações	5,21	0,07	0,37	
Participação em cursos de capacitação	1,15	0,07	0,08	
<b>Índice de Sustentabilidade Social</b>			<b>5,83</b>	
<b>C.</b>		<b>Indicador</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Nota</b>	<b>Peso</b>	<b>IS = I*P</b>	
Produtividade	10	0,30	3,03	
Mão de obra	4,234	0,22	0,92	
Comercialização	5,691	0,13	0,73	
Situação perante agente financeiro	2,946	0,05	0,16	
Renda do lote	3,852	0,15	0,57	
Renda de outras atividades	2,082	0,06	0,13	
Renda total	6,487	0,08	0,54	
<b>Índice de Sustentabilidade Econômica</b>			<b>6,09</b>	

A dimensão ambiental apresentou o índice mais baixo (Tabela 2A) entre as dimensões analisadas. O indicador que contribuiu em grande parte para a baixa

sustentabilidade ambiental no perímetro foi a “Reserva Legal”, pois tem o desempenho zero mas com peso 0,15, que é significativo no cálculo do índice.

Portanto, o desempenho crítico deste indicador é explicado pelo fato do perímetro não ter tido a sua área de Reserva Legal Averbada até o ano de 2014, o que constituía obrigatoriedade da Lei nº 4.771 (BRASIL, 1965) que apesar de ter sido revogada foi considerada devido ao período de realização da pesquisa.

Outro indicador que contribuiu significativamente para o baixo índice da dimensão ambiental foi o relacionado ao manuseio de agrotóxicos, o “Descarte de embalagens vazias de agrotóxicos” (0,9), pois este é feito de forma inadequada pela maioria dos agricultores.

A dimensão social apresentou o índice 5,83 (Tabela 2B), que se encontra acima do índice da dimensão ambiental e abaixo do índice da dimensão econômica. O indicador “Habitação” que é um dos mais importantes da dimensão social (peso 0,30), teve um desempenho alto (8,94) que contribuiu para a elevação do índice. O nível de escolaridade que é o indicador que obteve maior peso (0,34), teve um baixo desempenho (2,48), o que contribuiu para que o índice desta dimensão não estivesse acima do encontrado.

Outro indicador que contribuiu para que o índice da dimensão social não fosse elevado, foi a “Participação em cursos de capacitação”. Pereira e Martins (2010) tiveram um índice da dimensão social baixo (4,5) e afirmam que a falta de capacitação e assistência técnica podem ter contribuído para o baixo desempenho do índice da dimensão social, tal como foi constatado neste trabalho, não só para a dimensão social como também para a dimensão ambiental.

A dimensão econômica foi a que apresentou maior índice de sustentabilidade, 6,09 (Tabela 2C), e o seu índice encontra-se no mesmo intervalo que índice encontrado por Pereira e Martins (2010), com o valor 6,36, destacando-se a “Produtividade”, que obteve a nota 10 e o maior peso (0,30).

A alta produtividade encontrada no Betume pode ser explicada pelo uso de defensivos agrícolas para o controle de pragas e doenças, pois, o mesmo desempenho da produtividade não foi verificado em sistemas orgânicos, tais como os analisados por Pereira &

Martins (2010) com 5,99 de produtividade e Matos filho (2004), com 7,5.

Apesar da alta produtividade poderia-se supor que a renda dos irrigantes também fosse maior, o que não ocorreu diante dos resultados dos indicadores “Situação perante agente financeiro” (2,9) e na “Renda obtida no lote” (3,8) que não apresentaram bom desempenho.

No entanto, essa contradição pode ser explicada pelo desempenho do indicador “Comercialização” (5,6) que é caracterizado por vários problemas relacionados a falta de uma indústria de beneficiamento local.

No passado existia uma Unidade de Beneficiamento de Arroz no Betume que segundo os agricultores e técnicos, a última tentativa de funcionamento foi em 2009. Rabelo et al. (2013) afirmam que a unidade apoiava os irrigantes com a criação de cooperativa, aquisição de máquinas e implementos agrícolas, com capacitações e outras ações da CODEVASF, que criavam um ambiente de trabalho favorável para os produtores.

### Índice de sustentabilidade

O índice de sustentabilidade para o Perímetro Irrigado Betume no período 2009-2014 foi de 5,24.

Resultados semelhantes foram observados nas unidades produtivas do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú (5,38) por Lopes et al. (2009) e do Perímetro Irrigado Ayres de Sousa (5,2) por Carneiro Neto et al. (2008).

Diferentes resultados foram encontrados por Matos Filho (2004), na avaliação do nível de sustentabilidade das unidades de produção praticantes de agricultura orgânica em Florianópolis (6,7) e por Pereira e Martins (2010) na análise de indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (6,54), os referidos valores apontam para uma sustentabilidade ameaçada ( $6,0 < \text{ISP} < 8,0$ ).

Com isso, não se pode afirmar que os dois últimos resultados tenham sido melhores que os encontrados neste trabalho e os encontrados por Lopes et al. (2009) e Carneiro Neto et al. (2008), pois, embora os autores Lopes et al. (2009) e Carneiro Neto et al. (2008) tenham usado um método diferente do MESMIS para o cálculo do

índice, o método por eles usado (Método da análise fatorial/análise de componentes principais) também considerou pesos diferentes para cada indicador, como foi feito no presente trabalho.

Matos Filho (2004) e Pereira e Martins (2010), encontraram resultados diferentes, embora tenham usado o MESMIS, não consideraram a atribuição de pesos diferentes aos indicadores, determinaram o índice a partir da média geral dos indicadores. Isso pode ter contribuído para que os valores por eles encontrados estivessem um pouco acima dos outros.

### CONCLUSÕES

O Perímetro Irrigado do Betume no período 2009-2015 apresentou uma condição de sustentabilidade comprometida. Os altos níveis de produtividade do perímetro não estão aliados ao desenvolvimento socioeconômico e nem a proteção ambiental da região. Os instrumentos legais que garantem o bem estar do agricultor no meio rural também não estão aplicados na íntegra, o que é explicado pelo baixo desempenho dos índices social e ambiental.

### AGRADECIMENTOS

Ao projeto NICHE-NUFFIC (024) Netherlands, pela concessão da bolsa de estudos e ao projeto Águas do São Francisco-PETROBRAS Ambiental, pelo financiamento da pesquisa.

### REFERÊNCIAS

BELLAMY, J. A.; WALKER, D.H.; MCDONALD, G. T AND SYME, G. J.A systems approach to the evaluation of natural resource management initiatives. **Journal of Environmental Management**, v.63, n.4, p.407-423, 2001.

BRASIL. **Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Código Florestal. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm). Acesso em: 21 de Novembro de 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado, 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 15 dez. 2013

BRASIL. **Lei Nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre diretrizes para a gestão das embalagens de agrotóxicos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm). Acesso em: 21 de Novembro de 2014.

BRASIL. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre a política agrícola. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm). Acessado em 22 de Novembro de 2014.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm). Acesso em: 25 de Fev. de 2015

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe diretrizes para a gestão dos resíduos e embalagens. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=515>. Acesso em: 21 de Novembro de 2014

BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de Julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Rurais. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/11326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11326.htm). Acesso em: 24 de Novembro de 2014

BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528,

de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm). Acesso em: 25 de Fev. de 2015

CABRERA, D. COLOSI, L.; & LOBDELL, C. Systems thinking. **Evaluation and program planning**, v.31, n.3, p.299–310, 2008.

CARNEIRO NETO, J.A.C; ANDRADE, E.M; ROSA, M.F; MOTA, F.S; LOPES, J.F.B. Índice de sustentabilidade agro-ambiental para o perímetro irrigado Ayres de Souza. **Revista Ciência e agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1272-1279, 2008.

CETESB. Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico e de Defesa do meio ambiente: **Índices de qualidade das águas**. 2013.

CODEVASF. **Diagnóstico ambiental dos perímetros irrigados da CODEVASF**. 4ª Superintendência regional. 2005.

DOURADO, A., JÚNIOR, E.F., MACHADO, F. O., MOREIRA, M., LIMA, R., SANTOS, R.L. **Perímetros públicos de irrigação: Propostas para o modelo de transferência da gestão**. 2006. 72 f. MBA FUNDACE (Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Gestão Pública). ICCA: Brasília – DF.

ESPINOSA, A.; HARNDEN, R.; WALKER, J. A. complexity approach to sustainability – Stafford Beer revisited. **European Journal of Operational Research**, v.187, n.2, p.636–651, 2008.

FAMA. Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda. **Diagnóstico socioeconômico dos perímetros irrigados de Propriá, Cotinguiba-Pindoba e Betume**. Sergipe, 4ª Superintendência Regional. 2009 (Mimeo).

JUWANA, I; MUTTIL, N. PERERA, B.J.C. Indicator-based water sustainability assessment - A review. **Science of the Total Environment**, v.438, n.2, p.357–371, 2012.

LOPES, F.B.; ANDRADE, E. M.; AQUINO, D.N; LOPES, J.F. Proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2. p.185-193, 2009.

LÓPEZ, R.S., MASERA, O. ASTIER, M. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. **Ecological Indicators**, v.2, n.1-2, p.135–148, 2002.

MATOS FILHO, A. M. **Agricultura orgânica sob a perspectiva da sustentabilidade: uma análise da Região de Florianópolis – SC**. 2004. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OECD: Organization for economic co-operation and development. **Handbook on Constructing Composite Indicators**. Methodology and user guide. 2008.

PEREIRA, V. S., MARTINS, S R. Indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (SC) mediante aplicação da metodologia MESMIS. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.15, n.4, p.56-78, 2010.

PÉREZ, M.F.M.; CAÑAS, J.R.. Assessment of irrigation water management in the Genil-Cabra (Córdoba, Spain) irrigation district using irrigation indicators. **Agricultural Water Management**, v.120, n.1, p.98-106, 2013.

SAATY, T.L. How to make a decision: The Analytic Hierchy Process. **European Journal of operational Research**, v.48, n.1, p.9-26, 1990.

SILVA, T.E.M.; LOPES, E.S.A. Estudo Diagnóstico das condições Sócio-Ambientais dos Perímetros Irrigados Própria, Cotinguiba-Pindoba e Betume no Baixo São Francisco. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA FAP-SE 2003, 1, 2004. **Anais...Aracaju: FAPITEC**, 2004. CD.