



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MARIA ELVIRA BORGES TUNÚ PESSOA

**ANÁLISE CONFLITO DE USO DE ÁGUA DO PERÍMETRO
IRRIGADO DE SUMÉ/PB UTILIZANDO O MODELO GMCR**

**SUMÉ - PB
2019**

MARIA ELVIRA BORGES TUNÚ PESSOA

**ANÁLISE DO CONFLITO DE USO DE ÁGUA NO PERÍMETRO
IRRIGADO DE SUMÉ/PB UTILIZANDO O MODELO GMCR**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Professora Dr^a Vanessa Batista Schramm

**SUMÉ - PB
2019**

P475a Pessoa, Maria Elvira Borges Tunú.
Análise do conflito de uso da água no perímetro irrigado de Sumé / PB utilizando o modelo GMCR. / Maria Elvira Borges Tunú Pessoa. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

44 f.

Orientadora: Professora Dr^a Vanessa Batista Schramm.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Gestão ambiental. 2. Resolução de conflitos. 3. Decisão em grupo. 3. Conflito de uso da água. 4. Uso da água – conflitos. 5. Perímetro Irrigado de Sumé. 6. Bacia do Rio Sucuru. 7. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS. 8. Agência Nacional de Águas. 9. Modelo dos Grafos para Resolução de Conflitos – DMCR. 10. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. 11. Conflito ambiental. I. Schramm, Vanessa Batista. II. Título.

CDU: 556.18(043.1)

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

MARIA ELVIRA BORGES TUNÚ PESSOA

**ANÁLISE DO CONFLITO DE USO DE ÁGUA NO PERÍMETRO
IRRIGADO DE SUMÉ/PB UTILIZANDO O MODELO GMCR**

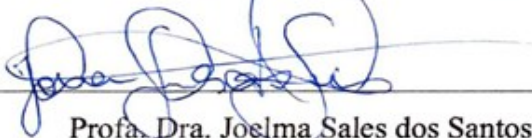
Monografia apresentada no Curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA:



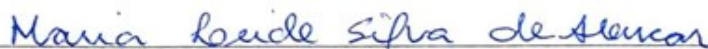
Profa. Dra. Vanessa Batista Schramm

Orientadora – UAEP/CCT/UFCG



Profa. Dra. Joelma Sales dos Santos

Examinadora – UATEC/CDSA/UFCG



Profa. Dra. Maria Leide da Silva de Alencar

Examinadora – UATEC/CDSA/UFCG

Trabalho aprovado em: 10 de dezembro de 2019.

SUMÉ - PB

Dedico esta conquista a Deus, aos meus pais e a meu tio Augustinho (in memoriam), minha avó Joana (in memoriam) e minha avó Maria José (in memoriam) que sempre sonharam em me ver terminando o curso de graduação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por todas as graças que foram concedidas na minha vida, tudo que tenho foi conquistado com a tua benção, pois me deu condições para lutar e alcançar meus objetivos.

Em segundo lugar gostaria de agradecer aos meus pais, Daguia e José Tunú, que foram minha base durante todos esses anos, sempre me apoiando e motivando a seguir em frente nos momentos difíceis, essa conquista é de vocês. Vocês foram a razão de tudo, estou imensamente feliz por estar concluindo essa etapa e espero que em um futuro próximo eu consiga proporcionar uma vida melhor para vocês dois.

Não poderia deixar de agradecer aos meus familiares: tio Tota, madrinha Érika, madrinha Lurdinha, Preta, tia Patrícia, Arlã, Rosa, Edilma, padrinho Giberto, madrinha Janice, Bebeu, que sempre se preocuparam com minha educação e me ajudaram a continuar minha graduação enquanto meus pais não tinham condições, espero que um dia eu consiga retribuir tudo o que vocês fizeram por mim.

Agradeço a meu namorado, Anderson, que me apoiou e acreditou na minha capacidade quando nem eu mesma acreditava, que foi minha fonte de paz nos momentos mais turbulentos, meu melhor amigo e minha felicidade.

Agradeço aos meus amigos Augusto e Paulo Henrique, que foram um exemplo de lealdade e amizade verdadeira durante todos esses anos. Não poderia deixar de falar em Rayane, Mailson, Ulysses, Débora, Fernanda, Rubens, Vitoria, Marcos Vinicius, Aurélio, Lucas Matheus e Danton, minha vida em Sumé se tornou muito mais fácil com a presença de todos vocês e apesar das brigas, nunca esquecerei dos momentos bons que passamos juntos.

Agradeço aos meus professores que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional e se tornaram minhas inspirações, são verdadeiros exemplos de profissionalismo. Quero mostrar minha gratidão em especial a minha orientadora Vanessa por todos os ensinamentos e por toda paciência, que sempre me desafiou a buscar o melhor, a Maria Creuza que além de professora se tornou uma amiga querida, a Daniel Farias que sempre me motivou a lutar pelos meus sonhos, a John que acreditou na minha capacidade, Hugo por todo apoio e confiança e Valdonilson por toda a calma e empatia.

RESUMO

Neste trabalho, foi desenvolvida uma metodologia para apoiar a estrutura do Modelo dos Grafos para Resolução de Conflitos (GMCR), a metodologia proposta foi dividida em cinco etapas tendo início com a coleta de dados preliminares sobre o conflito, que ajuda na identificação dos principais atores, suas preferências, estados possíveis e finalizando com uma etapa de análise. Posteriormente o modelo foi utilizado para analisar um conflito relacionado a gestão dos recursos hídricos na bacia do Rio Sucuru, no semiárido brasileiro. A utilização da metodologia proposta proporcionou uma descrição do conflito bem estruturada, robusta e imparcial, o que facilitou a modelagem do problema. O conflito envolve quatro tomadores de decisão (Produtores rurais, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, Governo Federal/ Agência Nacional de Água e Companhia de Água e Esgotos da Paraíba e oitenta e quatro estados viáveis foram obtidos. Com base nas preferências dos tomadores de decisão, quatro etapas foram consideradas de equilíbrio, de acordo com diferentes tipos de critérios de estabilidade. No entanto, a análise dessas soluções indicou que uma delas deveria ser adotada. Nesta solução, o conflito sai do status quo e indica que a solução mais provável seria a realização da obra de restauração do PIS e a limpeza das margens do Rio Sucuru.

Palavras-chave: Decisão em grupo. Resolução de conflitos. Gestão ambiental.

ABSTRACT

In this paper, a methodology was developed to support the structure of the Graph Model to Conflict Resolution (GMCR), the proposed methodology was divided into five steps starting with the collection of preliminary conflict data, which helps in identifying the main decision makers, their preferences, possible states and ending with an analysis step. Subsequently, the model was used to analyze a conflict related to water resources management in the Sucuru River basin in the Brazilian semi-arid. The use of the proposed methodology provided a well structured, robust and unbiased description of the conflict, which facilitated the modeling of the problem. The conflict involves four decision makers (Rural producers, National Department of Drought Works, Federal Government / National Water Agency and Paraíba Water and Sewage Company) and eighty-four viable states were obtained. Based on the preferences of the decision makers, four steps were considered equilibrium according to different types of stability criteria. However, analysis of these solutions indicated that one of them should be adopted. In this solution, the conflict emerges from the status quo and indicates that the most likely solution would be to carry out the PIS restoration work and clear the banks of the Sucuru River.

Keywords: Group Decision. Conflict Resolution. Environmental Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplo de um conjunto de grafos direcionados.....	17
Figura 2	Estrutura original do modelo GMCR.....	19
Figura 3	Interface do software referente à inserção dos decisores e suas respectivas opções.....	21
Figura 4	Tela de decisores e opções.....	22
Figura 5	Registro de Opções no SAD.....	23
Figura 6	Opções mutuamente excludentes no <i>software</i>	24
Figura 7	Gerando estados estáveis tela I.....	25
Figura 8	Gerando estados estáveis tela II.....	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Definições de critérios de estabilidade.....	16
Quadro 2	Matriz priorização.....	26
Quadro 3	Metodologia utilizada.....	27
Quadro 4	Planejamento para alocação de água.....	33
Quadro 5	Decisores e suas respectivas opções.....	34
Quadro 6	Estados viáveis.....	36
Quadro 7	Estados viáveis.....	36
Quadro 8	Ranking de preferências para cada decisor.....	38
Quadro 9	Análise de estabilidade.....	38
Quadro 10	Modificações na ordem de preferência do DM1.....	39
Quadro 11	Matriz prioridade.....	39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DM - *DecisionMaker* (decisor)

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

GMCR - *Graph Model For Conflict Resolution*

GMR - Meta Racionalidade Geral

L(n) - Estabilidade limitada

NM - Estabilidade Não Míope

PB - Paraíba

PIS - Perímetro Irrigado de Sumé

R - Estabilidade de Nash

SAD - Sistema de Apoio a Decisão

SEQ - Estabilidade Sequencial

SMR - Racionalidade Simétrica

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.1.1	Objetivos específicos.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1	FUNDAMENTOS DO GMCR.....	15
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	METODOLOGIA PROPOSTA PARA ANÁLISE DE CONFLITOS.....	20
3.1.1	Etapa 1 - Coleta de informações preliminares.....	21
3.1.2	Etapa 2 - Identificação dos decisores.....	21
3.1.3	Etapa 3 - Entrevistas semiestruturadas.....	22
3.1.4	Etapa 4 - Identificação das opções.....	22
3.1.5	Etapa 5 - Determinação dos estados viáveis.....	23
3.1.6	Etapa 6 - Elicitação das preferências.....	24
3.1.7	Etapa 7 - Análise GMCR.....	25
3.1.8	Etapa 8 - Matriz de Priorização.....	26
4	RESULTADOS.....	28
4.1	DESCRIÇÃO GERAL DO CONFLITO E DECISORES.....	28
4.2	PERSPECTIVAS INDIVIDUAIS.....	29
4.3	PERSPECTIVA DO DNOCS.....	31
4.4	PERSPECTIVA DA ANA.....	32
4.5	PERSPECTIVA DA CAGEPA.....	33
4.5.1	Opções.....	34
4.5.2	Estados.....	34
4.5.3	Preferências.....	37
4.6	ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Estudo das Nações Unidas (UNESCO, 2002) aponta para o aumento do número de conflitos envolvendo o uso de água em várias partes do mundo. No Brasil, várias situações de conflitos podem surgir nos próximos anos em consequência do projeto de integração do Rio São Francisco com bacias hidrográficas da região Nordeste, que, historicamente, sofre com longos períodos de estiagem. Neste contexto, as organizações responsáveis pelo gerenciamento e planejamento de recursos hídricos no Brasil precisam estar preparadas para lidar com potenciais disputas visando garantir o desenvolvimento sustentável da região, que é o principal objetivo do Projeto São Francisco.

Uma ferramenta bastante poderosa para análise e resolução de conflitos é Graph Model for Conflict Resolution (GMCR) (FANG, 1988; FANG, 1989). O GMCR ajuda os decisores a identificar opções disponíveis para cada um deles, bem como as estratégias existentes para que eles alcancem melhores resultados na disputa (PHILPOT, 2016). O GMCR vem sendo aplicado para resolver situações reais de conflitos ambientais, particularmente, conflitos envolvendo recursos hídricos, em várias partes do mundo. Algumas dessas aplicações publicadas na literatura especializada são apresentadas a seguir.

Philpot (2016) aplicaram o GMCR em uma situação de conflito transfronteiriço de águas subterrâneas nos Estados Unidos. Obeidi (2002) demonstraram o uso da abordagem para apoiar os formuladores de políticas intergovernamentais na análise de um conflito de água envolvendo os Estados Unidos e o Canadá. Hipel (2014) e Faris (2016) aplicaram o GMCR em um conflito internacional de água envolvendo a Turquia, a Síria e o Iraque. A abordagem também foi aplicada para analisar um conflito envolvendo o desenvolvimento da aquicultura de salmão em British Columbia, Canadá (NOAKES, 2003; HAMOUDA, 2005). Na Ásia, a abordagem foi usada para simular o processo de evolução de um conflito envolvendo a remediação de terras contaminadas na China (HAN, 2016). Além das questões ambientais, a abordagem também foi aplicada em outros contextos alguns exemplos: Kuang, 2017; Alhindi, 2017.

Neste trabalho, o GMCR foi aplicado na análise do conflito sobre uso de água existente no Perímetro irrigado de Sumé, envolvendo quatro decisores: produtores rurais, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Agência Nacional de Águas (ANA), e a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

A aplicação do GMCR consiste na realização de duas etapas principais: modelagem e análise. Na etapa de análise, os conceitos de Teoria dos Grafos e os fundamentos matemáticos da Teoria dos Jogos são aplicados para analisar e resolver o conflito. Na etapa de modelagem, a partir da descrição do conflito, são determinados os decisores, suas respectivas opções, as preferências e os estados possíveis. Nesta etapa, fica a critério de cada analista de decisão, a forma como essas informações são obtidas. Com a aplicação do GMCR para análise do conflito do PIS, foi verificada a necessidade de se ter uma abordagem formal para orientar a etapa de modelagem.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o conflito do perímetro irrigado do município de Sumé-PB utilizando o modelo GMCR.

1.1.1 Objetivos específicos

- Descrever detalhadamente o conflito de acordo com os pontos de vistas das partes envolvidas;
- Desenvolver uma metodologia análise de conflitos baseada no modelo GMCR.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os conflitos ambientais são gerados pela demanda da sociedade em relação a um determinado recurso, também podem ocorrer quando uma determinada atividade econômica ameaça áreas com importantes atributos ecológicos. De uma maneira geral a ocorrência de tais situações pode impactar intensamente a vida da sociedade como o todo causando tensão entre as pessoas, custos e perdas, necessitando de uma atenção especial quando se trata da sua resolução

Por todo o mundo inúmeros conflitos ambientais surgiram ao longo dos anos como, por exemplo, a construção da usina de Alta River na Noruega, que afetou gravemente a pesca do salmão, bem como a agricultura na área. A escassez de água potável em Gwadar, o porto no final do corredor China/Paquistão causando protestos na cidade. No Brasil pode-se citar o conflito oriundo da poluição da Lagoa da Veada em Minas Gerais causado pelo descarte de resíduos industriais, entre outros.

Diante dos fatos citados anteriormente pode-se inferir que é necessário o uso de uma abordagem formal para apoiar a etapa de resolução de conflitos. Isso é endossado pela expectativa de vários conflitos envolvendo o uso de água que podem vir a ocorrer decorrentes da transposição das águas do Rio São Francisco, que, atualmente, beneficia os estados de Pernambuco e Paraíba. De fato, o número de conflitos envolvendo o uso de recursos hídricos é crescente não apenas no Brasil, mas em várias partes do mundo, conforme aponta o estudo das Nações Unidas sobre o tema (UNESCO, 2002).

Neste contexto, surgiu a necessidade do desenvolvimento de abordagens formais para apoiar a resolução de conflitos reais. Dentre as abordagens existentes, o modelo GMCR é bastante apropriado para situações de conflito envolvendo o gerenciamento de recursos hídricos, como poder ser percebido pelas diversas aplicações deste modelo a situações reais ao longo de todo o mundo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conflito surge quando há a necessidade de escolher entre situações difíceis de conciliar. Trata-se, portanto, de informações díspares que ocorrem quando existem perspectivas, interesses ou objetivos diferentes face a pessoas, objetos ou opiniões (FIGUEIREDO, 2012). Segundo Beck (2011), esse tipo de situação existe desde o início da humanidade, pois fazem parte do processo de vida dos seres humanos, e são necessários para que haja desenvolvimento e evolução social, política e organizacional.

Para Figueiredo (2012), o conflito deve ser evitado, pois origina disfunções nos grupos ou na organização em que se verifique a sua existência. Diante disso, verifica-se a necessidade de se desenvolver a habilidade de administrar e resolver conflitos de modo eficiente. A gestão de conflitos consiste exatamente na escolha e implementação das estratégias mais adequadas para se lidar com cada tipo de situação (NASCIMENTO; EL SAYED, 2002).

Conflito ambiental pode ser definido como embates entre múltiplos agentes ou grupos sociais, que estão em interação entre si e com seu meio biofísico, em face dos seus modos distintos de inter-relacionamento ecológico (LITTLE, 2004).

A evolução da discussão sobre desenvolvimento e meio ambiente permite apoiar a ideia de que os problemas ambientais se constituem em conflitos sociais, que alinham distintos grupos humanos que pretendem diferentes utilizações dos recursos ambientais (IBASE, 1995). De acordo com Buttel (2000), à medida que se ampliou e se aprofundou o debate, tais conflitos se tornaram mais agudos e as soluções mais problemáticas.

Diante da complexidade e heterogeneidade dos interesses envolvidos, a resolução dos conflitos ambientais requer uma condução compartilhada no processo de gestão (FILHO, 2010). Barrow (2010) afirma que a gestão de conflitos ambientais deve atuar como uma ferramenta que pode ser usada para mitigar e até antecipar a existência de conflitos e impactos ambientais.

A utilização de ferramentas de apoio a tomada de decisão tem papel fundamental na gestão de conflitos ambientais, pois a partir delas é possível realizar a estruturação dos problemas e fazer análises matemáticas que são capazes de chegar às possíveis soluções com maior facilidade seus resultados podem, por exemplo, servir como base na definição de novas políticas públicas na área ambiental ou até mesmo na melhoria nas políticas já existentes podendo tornar as mesmas mais eficazes além de tornar as negociações mais amigáveis e menos desgastantes para todos os grupos envolvidos.

A resolução de conflitos ambientais é mais eficiente quando a comunidade é envolvida como um agente ativo no processo decisório (JUNIOR,2015). Foley (2007) explica que ao avaliar a resolução de conflitos ambientais: é necessário provocar a transformação dos participantes a fim de obter uma melhor compreensão das partes envolvidas.

Uma ferramenta que vem sendo bastante utilizada para análise de conflitos ambientais reais, particularmente, conflitos envolvendo recursos hídricos, é o GMCR (FANG, 1988; FANG, 1989). O GMCR é fundamentado na Teoria dos Jogos e na Teoria dos Grafos. A seção a seguir apresenta os fundamentos para o modelo.

2.1 FUNDAMENTOS DO GMCR

Sartini (2004) define a Teoria dos Jogos como uma análise matemática de situações de conflito, com o objetivo de apontar as melhores opções para o conflito. Nandalal (2007) afirmam que esta teoria constitui um campo de estudo nos quais modelos matemáticos formais são desenvolvidos para modelar e analisar uma gama de diferentes tipos de jogos ou conflitos. Tal ferramenta pode ser utilizada para prever como as pessoas se comportam, seguindo seus próprios interesses em um conflito (MADANI, 2010).

A Teoria dos Jogos pode auxiliar na análise de várias situações de conflito que fazem parte do dia-a-dia e que podem ser interpretadas como um jogo. O elemento básico em um jogo é o conjunto de jogadores que dele participam; por exemplo, uma negociação para a compra de um carro pode ser interpretada como um jogo onde os jogadores (partes interessadas) são o comprador e o vendedor (PESSOA E SCHARAMM, 2018). Em uma situação de conflito, os jogadores são chamados de decisores (DM), que são os indivíduos que, de alguma forma, serão afetados positivamente ou negativamente pela solução do conflito.

Cada jogador tem opções sob o controle dele (que ele pode escolher ou não). O conjunto de todas as possíveis combinações das opções dos jogadores, sejam elas selecionadas ou não, é denominado estado. Cada jogador tem preferências em relação aos estados, que são determinadas por seus próprios objetivos no conflito (PHILPOT, 2016). Em termos matemáticos, cada jogador tem uma função utilidade que atribui um número real (o ganho ou *payoff* do jogador) a cada situação do jogo; em outras palavras, a utilidade fornece o valor que cada jogador atribui a cada uma das ofertas em um jogo.

À medida que o conflito evolui de estado para estado, por meio da mudança de estratégia, os decisores tentam se mover para o estado de maior preferência (maior utilidade) (FANG, 1993). Essa movimentação acontece até que não seja possível melhorar o estado atual no qual o decisor se encontra; neste caso, diz-se que o tomador de decisão alcançou o seu estado estável. Em outras palavras, diz-se que é considerado estável o estado que não apresenta nenhum incentivo para que o decisor desvie dele através das suas mudanças unilaterais. Philpot (2016) acrescenta que o equilíbrio é alcançado quando nenhum participante tem uma melhoria unilateral dentro dos limites aceitáveis de risco. Quando todos os decisores atingem o equilíbrio, o conflito permanecerá nesse estado, até que uma nova entrada mude esse equilíbrio.

A definição de estabilidade pode variar de acordo com a forma com os decisores se comportam em uma situação de conflito (OBEIDE, 2002). Os conceitos de estabilidade Quadro 1 são usados para descrever a habilidade e a motivação de um decisor para mudar o estado do conflito (PHILPOT, 2016). Para Kassab (2006), os diferentes critérios implicam níveis diferentes de previsão, ou a capacidade de um decisor de considerar possíveis mudanças que podem ocorrer no futuro. Um equilíbrio é considerado forte quando ele atender a um maior número de critérios de estabilidade e, nestes casos, o estado pode ser considerado com uma boa solução para o conflito.

Quadro 1 - Definições de critérios de estabilidade.

Crítérios de estabilidade	Descrição
Estabilidade de Nash (R)	DM vai mover o conflito até um estado de maior melhoria unilateral e a partir de então mover-se para um estado diferente não traz nenhum benefício para o mesmo.
Meta Racionalidade Geral (GMR)	O DM move-se para um estado mais preferido pode desencadear uma contração do oponente com menor benefício para tal decisor, mesmo se a ação contrária for menos preferida pelo oponente.
Meta Racionalidade Simétrica (SMR)	Para o DM mover-se para um estado mais preferido pode desencadear uma contração do oponente para prejudicar sua melhoria unilateral, mesmo que a contração seja prejudicial ao oponente. Nesse caso o DM tem chance de contrarreação.
Estabilidade Sequencial (SEQ)	O DM move-se para um estado mais preferido pode desencadear uma ação contrária do oponente para melhorar os benefícios do oponente nos casos em que as interações prejudiciais a ele não são consideradas.
Estabilidade de movimento limitado (Lh)	O DM age de forma otimizada dentro de um número definido de ciclos de ação / contração (h - Transições de estado).
Estabilidade Não-miope (NM)	Como estabilidade de movimento limitada, mas para transições de estado infinito.

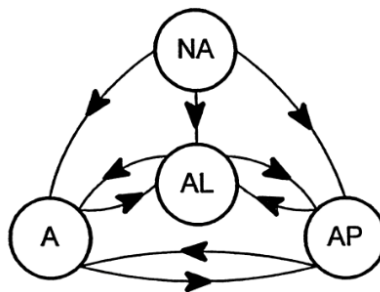
Fonte: Adaptado Kassab (2006)

Buscando uma maior aproximação de situações do mundo real, Kilgour (1987) propuseram a GMCR, que é matematicamente fundamentada em conceitos clássicos de Teoria dos jogos e é um aprimoramento da análise de conflitos de N. M. Fraser e Keith W. Hipel, publicada em *Conflict Analysis: Models and Resolutions* no ano de 1984 e da análise de metajogos feita por Nigel Howard em 1971. De acordo com Nandalal (2007) os metajogos permitem investigar como o jogo se comporta à medida que evolui, enquanto a Teoria dos Jogos exige que o usuário especifique as possíveis sequências de estratégias que os jogadores podem adotar.

No GMCR, cada parte tem um grafo direcionado que registra cada movimento unilateral que ele pode assumir para levar o conflito de um estado para outro (NANDALAL, 2007). O conflito é representado por um conjunto de grafos direcionados finitos, um para cada decisor i , denotado $D_i = (U, A_i)$, conforme apresentado na Figura 1.

O conjunto de vértices U de todos os grafos representa os estados possíveis do conflito e, portanto, são comuns em todos os grafos D_i . O total de estados possíveis é 2^m , onde “ m ” é o número de opções disponíveis aos decisores.

Figura 1 - Exemplo de um conjunto de grafos direcionados.



Fonte: Noakes, D. J, 2003

A seleção de uma opção por um decisor i faz com que o conflito mude de um estado q para outro k . Para cada decisor i , as transições entre estados que são permitidas a ele são representadas pelos arcos em A_i . Ou seja, o arco (q, k) existe em A_i se e somente se o decisor i pode provocar uma mudança unilateral em um estágio do estado q para o estado k .

As funções de valor de preferência representam a ordem de preferência dos estados para os decisores. Ou seja, se $P_i(k) > P_i(q)$, então o estado k é preferível ao estado q para o decisor i .

O dilema de um decisor em um conflito envolvendo mais de dois jogadores pode ser descrito da seguinte forma: Suponha um conflito com três decisores, $d1$, $d2$ e $d3$, e que $d1$ se encontra em um estado inicial (*status quo*) representado por k . O dilema deste decisor é: se ele toma a iniciativa e decide mover o conflito para outro estado $k1$, então algum outro decisor, suponha $d2$, pode mover o conflito de $k1$ para outro estado $k2$; dependendo da decisão de $d2$, o terceiro decisor $d3$ pode optar por mover o conflito de $k2$ para digamos $k3$, que para $d1$ é menos preferível que o seu estado original k ; assim, dependendo do que $d1$ espera que os outros decisores façam a partir de sua atitude, ele pode optar por se manter no *status quo* k .

O conjunto de grafos direcionados e as funções preferência de cada decisor constituem a abordagem GMCR. Os movimentos dos decisores ao longo do conflito para se alcançar a estabilidade são determinados por meio da teoria dos jogos.

A análise de estabilidade na GMCR pode ser aplicada em muitos contextos. Santos (2014) declara que tais ferramentas são úteis tanto aos participantes do conflito, quanto ao mediador. No caso dos participantes pode ajudar a compreender melhor qual seu papel no conflito e fazer avaliações do processo enquanto o conflito se desenvolve. Para o mediador, a técnica permite identificar quais são as opções que são boas para todo.

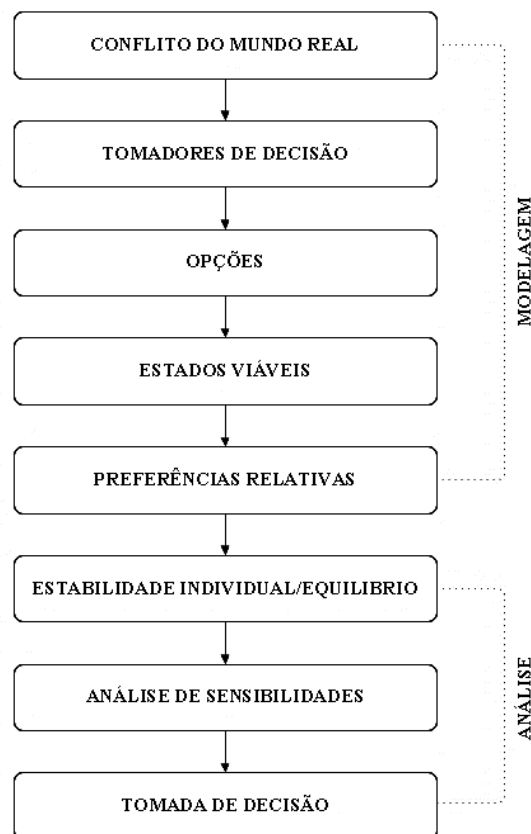
3 METODOLOGIA

O estudo foi dividido em duas fases: (i) revisão bibliográfica e (ii) análise do conflito.

Na primeira etapa foi realizado um vasto estudo sobre o modelo GMCR, bem como uma revisão da literatura sobre o uso deste modelo em situações práticas. Para isso, foram utilizados artigos científicos especializados da base de periódicos disponibilizada pela CAPES.

Na segunda fase, foi feita a análise do conflito do Perímetro Irrigado de Sumé (PIS) utilizando o modelo GMCR. Para isso, seguiu-se a metodologia proposta pelo GMCR, que contempla duas etapas principais Figura 2: (i) modelagem; e (ii) análise.

Figura 2 - Estrutura original do modelo GMCR.



Fonte: Adaptado Hipel e Walker (2011)

A etapa de modelagem tem como entrada um conflito real, que no GMCR vai ser representado pelos decisores, que são as pessoas envolvidas no conflito que decidem ou têm

poder de decidir e que serão afetados, positivamente ou negativamente, pela solução do conflito; as respectivas opções que são possibilidades pelas quais os decisores podem optar; o estado é uma combinação das opções com o Y(*yes*)/N(*no*), estados viáveis são todos os estados possíveis após *input* das restrições e os estados inviáveis são aqueles que não podem acontecer na prática; e as preferências relativas dos decisores em relação a cada uma desses estados.

A etapa de análise corresponde a identificação das estabilidades. É verificada a estabilidade de cada estado, de acordo com as preferências de cada decisor, conforme os critérios de estabilidade considerados no modelo GMCR e apresentados no Quadro 1. Um estado que é estável para todos os decisores, de acordo com determinado critério, forma um equilíbrio e é considerado um resultado potencial, ou seja, uma solução potencial para o conflito. É possível, indicar para o Sistema de apoio a decisão (SAD) o perfil estratégico de cada decisor, então a solução mais provável será encontrada nos estados que atendem ao critério de estabilidade que mais se assemelhar ao comportamento dos envolvidos levando em consideração a visão de futuro e a disponibilidades dos decisores de apresentarem jogadas arriscadas, quando não há informações a respeito do comportamento do grupo sugere-se que as soluções mais prováveis são os estados que atendem ao maior número de critérios de estabilidade possível

A etapa de análise contempla também uma análise da sensibilidade para verificar a robustez dos resultados obtidos. Para apoiar esta etapa, existe um sistema de apoio a decisão GMCR II que incorpora o modelo dos grafos para resolução de conflitos

Para análise do conflito no PIS, foi seguida uma metodologia, que incorpora a etapa de análise do GMCR. Esta metodologia é descrita na seção a seguir.

3.1 METODOLOGIA PROPOSTA PARA ANÁLISE DE CONFLITOS

Para apoiar a estruturação do conflito, que corresponde a modelagem, foram realizadas as seguintes etapas: (i) coleta de informações preliminares; (ii) identificação dos decisores; (iii) entrevistas semiestruturadas com os decisores; (iv) identificação das opções; (v) determinação dos estados viáveis; (vi) elicitación das preferências dos decisores.

A aplicação do GMCR requereu a presença de um analista de decisão, que foi responsável pela realização das etapas, incluindo a condução das entrevistas com os decisores envolvidos no conflito. O analista também foi responsável pela análise de conflito, visando a

identificação de *insights* sobre como resolvê-lo. Neste trabalho, a autora, aluna do curso de graduação em Engenharia de Produção fez o papel de analista.

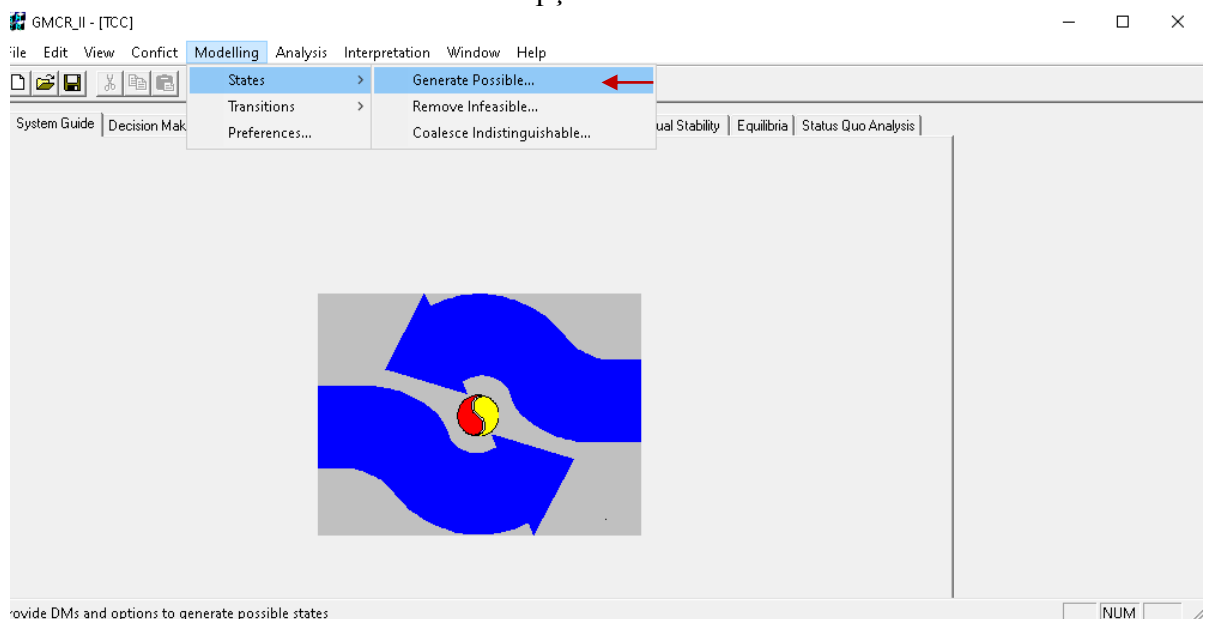
3.1.1 Etapa 1 - Coleta de informações preliminares

Inicialmente, foram coletadas informações sobre o conflito em diferentes fontes, incluindo entrevista com a comunidade, pesquisa documental sobre o conflito, pesquisa bibliográfica. Com isso, foi feita uma descrição geral sobre o conflito, que permitiu a identificação dos principais decisores envolvidos e das questões chaves do conflito.

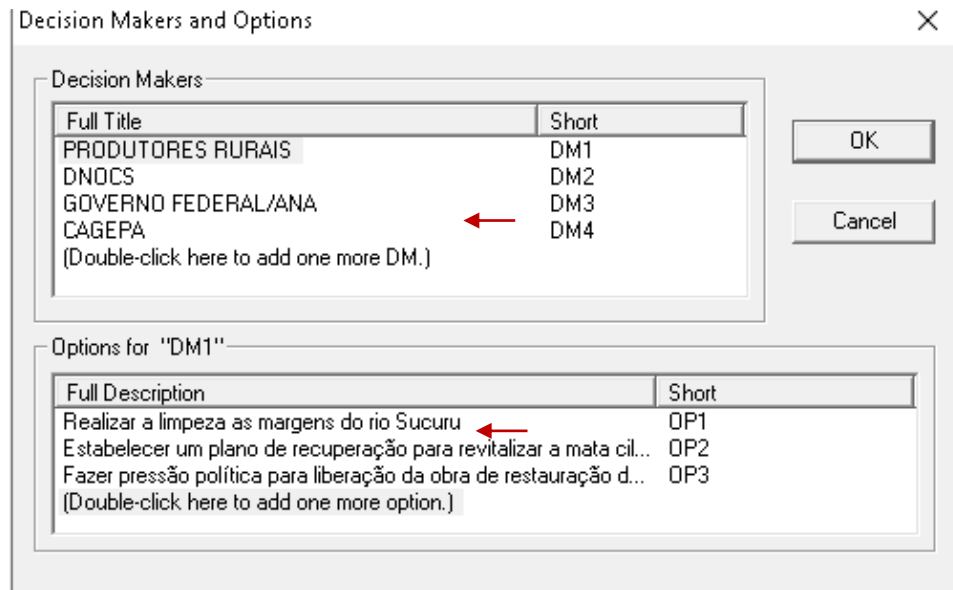
3.1.2 Etapa 2 - Identificação dos decisores

Tendo acesso a uma descrição geral do conflito, foram identificados os indivíduos envolvidos no conflito, verificando quem tem poder de decisão para resolução do problema. É importante destacar que, na metodologia, um ator não é necessariamente um único indivíduo, mas sim a categoria a qual ele representa, por exemplo, poder público, associação de moradores etc. Para cadastrar os decisores no sistema é basta acessar a aba “*Modelling*”, em seguida clicar em “*States*” e por último selecionar a opção “*Generate possible*” Figura3, uma nova janela vai aparecer na tela solicitando que seja inserido o decisor e suas opções Figura4.

Figura 3 - Interface do software referente à inserção dos decisores e suas respectivas opções.



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 4 - Tela de decisores e opções.

Fonte: Autoria própria (2019)

3.1.3 Etapa 3 - Entrevistas semiestruturadas

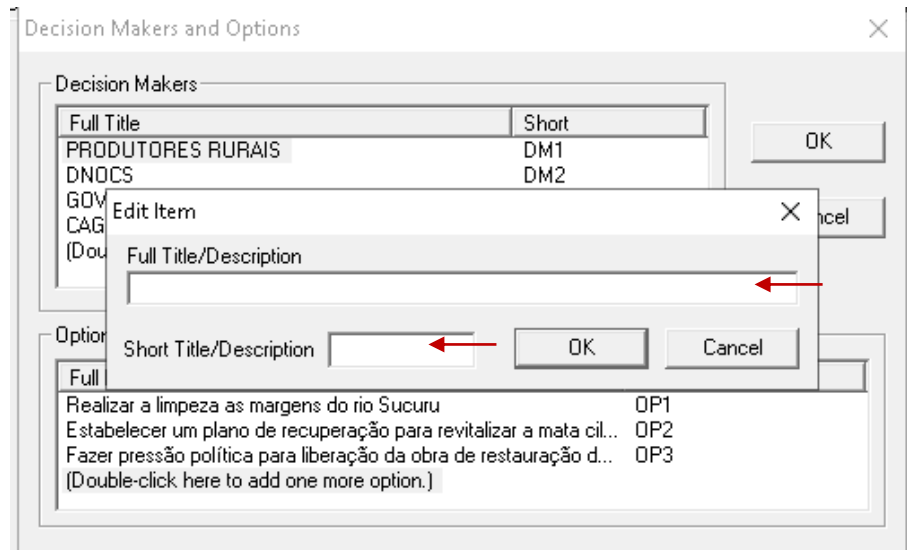
As informações preliminares serviram de base para a preparação das entrevistas semiestruturadas. Para cada decisor, foi agendada uma entrevista presencial, cujo objetivo foi captar a perspectiva deste decisor em relação as questões identificadas na primeira etapa.

Nesta etapa, é possível que cada entrevista seja realizada com mais de um indivíduo que represente uma determinada categoria, de modo a captar uma perspectiva mais completa que esta categoria tem sobre o problema.

3.1.4 Etapa 4 - Identificação das opções

Tendo como base o discurso de cada decisor cabe ao analista fazer uma ordenação dos dados buscando identificar os principais interesses e objetivos referentes a cada decisor. Para facilitar a compreensão é necessário a utilização de um quadro para organizar os decisores e suas respectivas opções. No Sistema de apoio a decisão (SAD), as opções são informadas ao modelo no momento que os decisores são cadastrados Figura 5.

Figura 5 - Registro de Opções no SAD.



Fonte: Autoria própria (2019)

3.1.5 Etapa 5 - Determinação dos estados viáveis

Um estado é um vetor composto por "Y" ou "N", em que "Y" significa que a respectiva opção é selecionada e "N" quer dizer que a opção não foi selecionada. O número de estados (k) é calculado a partir do número de opções, através da fórmula $k=2^m$ onde m é o número de opções disponíveis aos decisores.

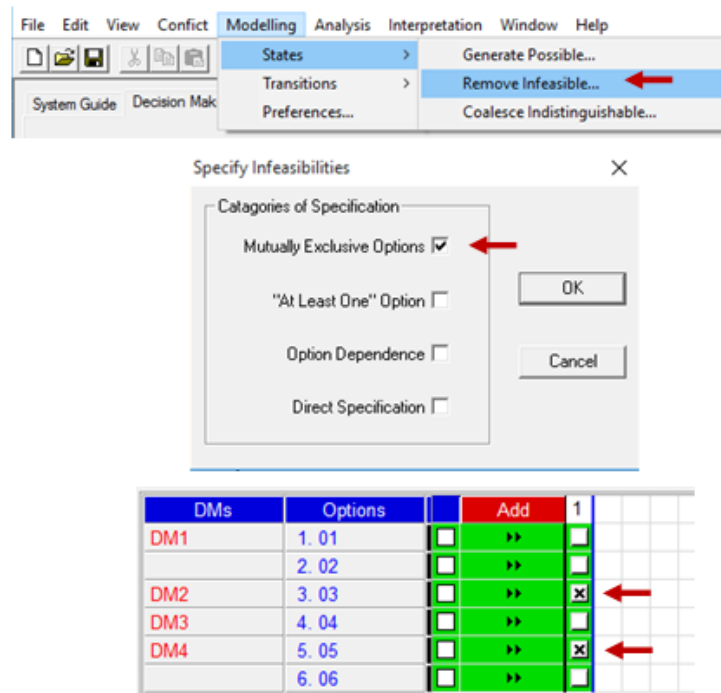
Em alguns casos, poderão existir estados que não são viáveis. É responsabilidade do analista identificar tais restrições, que podem se classificar em:

- Mutuamente excludentes (*Mutually Exclusive Options*): duas opções são mutuamente excludentes quando a ocorrência de uma excluir a ocorrência da outra;
- Pelo menos uma (*“At least one” option*): nesse caso serão selecionadas mais de uma opção e pelo menos uma delas deve ser selecionada para que o estado seja considerado viável, ou seja, os estados em que nenhuma das opções que foram marcadas forem selecionadas serão considerados estados inviáveis;
- Opção dependente (*optiondependence*): duas opções são dependentes quando a ocorrência ou não-ocorrência de uma afeta a probabilidade de ocorrência da outra;
- Especificações diretas (*directspecification*): utiliza essa ferramenta quando é necessário especificar que uma determinada opção deve acontecer.

As restrições são inseridas no SAD da seguinte forma: acessar a aba “*modelling*”, clicar em “*states*” e em seguida selecionar a opção “*remove infeasible*”; uma caixa de mensagem vai aparecer, solicitando que seja informado qual tipo de restrição vai ser aplicada;

outra caixa de diálogo vai aparecer de acordo com o tipo de restrição selecionada; no caso das opções mutuamente excludentes, o usuário deve selecionar as duas opções que em questão e clicar no botão “add”, assim, a restrição vai aparecer na tela. Todo o passo a passo precisa ser salvo para evitar que informações sejam perdidas. A Figura 6 apresenta a telas correspondentes.

Figura 6 - Opções mutuamente excludentes no *software*.



Fonte: Autoria própria (2018)

3.1.6 Etapa 6 - Elicitação das preferências

Após a determinação dos estados viáveis, foi feita a elicitación das preferências dos decisores em relação a cada um dos estados possíveis. No *software* é possível informar as restrições por ranking de preferência ou por pesos. A metodologia proposta sugere a utilização do método de preferências, para fazer a modelagem no *software* GMCR II é necessário conhecer os conectivos lógicos utilizados, onde:

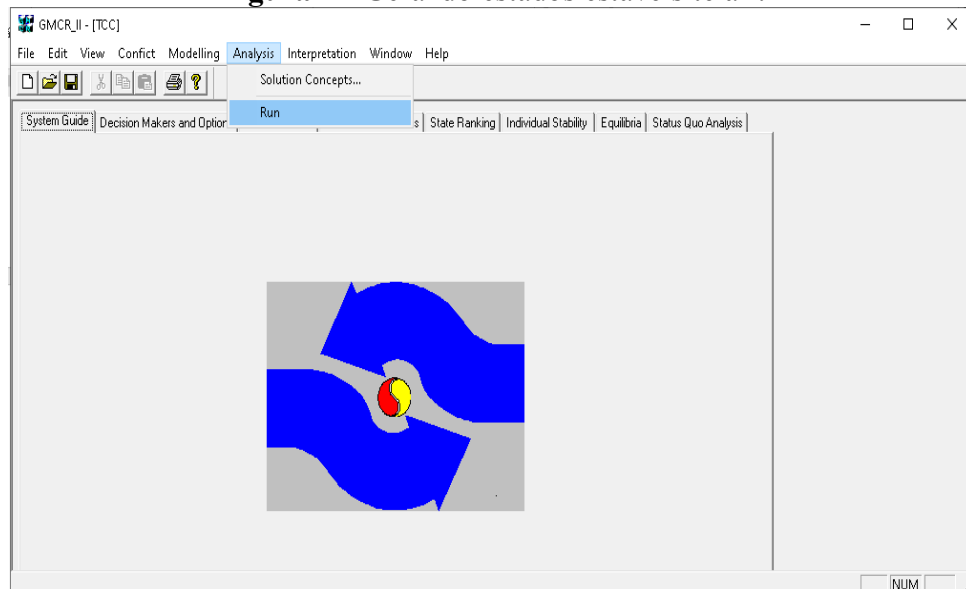
- Opções com o sinal negativo indicam que determinada opção não foi selecionada (N) e opções positivas indicam que foram selecionadas;
- O sinal '/' representa 'ou';
- O sinal '&' significa 'e';
- O "if" quer dizer que o decisor escolheria tal opção A e não B;
- "iff" é utilizado no sentido de 'se somente se'.

3.1.7 Etapa 7 - Análise GMCR

Com a etapa de modelagem realizada, partiu-se para a etapa de análise do modelo GMCR, que corresponde as atividades de análise de estabilidade/equilíbrio para cada estado e para cada decisor sob todas as definições de equilíbrio consideradas no GMCR. O SAD vai apontar quais estados apresentaram equilíbrio para pelo menos um dos critérios de estabilidade.

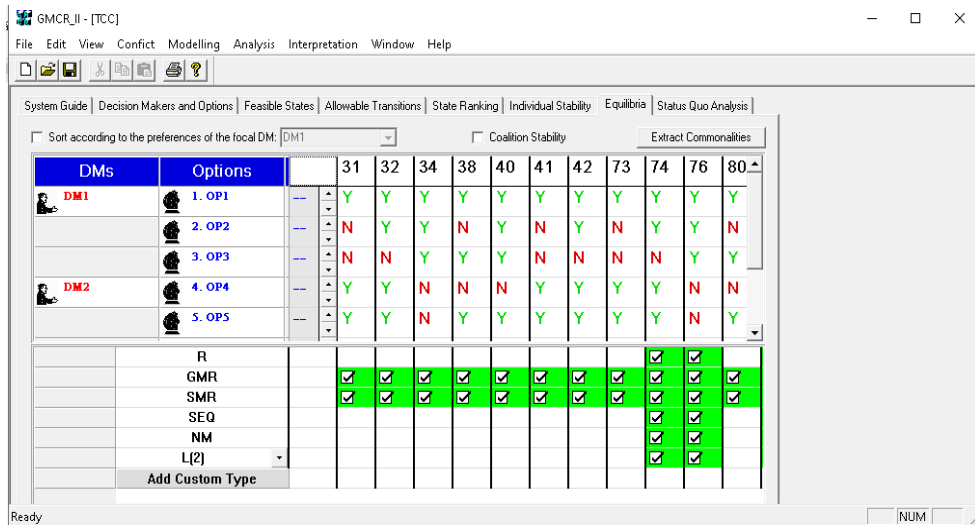
Para gerar o resultado deve-se acessar a aba “*analysis*” e clicar em “*run*”, para que as informações antes inseridas sejam processadas Figura 7. Posteriormente, o analista deve clicar em “*Equilibria*”, assim todos os estados que são candidatos a solução mais provável do conflito serão gerados na tela Figura 8.

Figura 7 - Gerando estados estáveis tela I.



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 8 - Gerando estados estáveis tela II.



Fonte: A autoria própria (2019)

Também foi feita uma análise de sensibilidade para validar os equilíbrios encontrados pelo modelo; isso foi feito fazendo alterações na ordem de preferência dos decisores e os resultados mais robustos foram aqueles para os quais as mudanças não alteraram o equilíbrio.

3.1.8 Etapa 8 - Matriz de Priorização

Pode-se chegar à conclusão que mais de um estado pode ser a solução mais provável do conflito. A metodologia proposta sugere que ainda nessa fase seja feita a construção de uma matriz denominada “Matriz Prioridade” Quadro 2, através da qual é possível fazer a hierarquização das opções. Essa matriz vai auxiliar o analista a encontrar a solução mais provável para o conflito, pois tem como *output* uma representação dos aspectos considerados mais importantes por todos os decisores.

Quadro 2 - Matriz priorização.

		MATRIZ PRIORIZAÇÃO			
		DM1	DM2	DM3	TOTAL
OPÇÕES	OP1		X		1
	OP2			X	1
	OP3	X	X	X	3
	OP4		X	X	2

Fonte: A autoria própria (2019)

No exemplo de matriz prioridade apresentado, o “X” representa o interesse que o decisor apresenta em relação à ocorrência de tal opção. Os valores representam o somatório do número de decisores que têm interesse na ocorrência da opção, os maiores valores apresentam maior prioridade. A Quadro 3 apresenta o fluxograma para a metodologia realizada.

Quadro 3 - Metodologia utilizada.

<i>INPUT</i>	<i>ANÁLISE DE CONFLITO</i>	<i>OUTPUT</i>
Documentos, livros e depoimentos	COLETA DE INFORMAÇÕES PRELIMINARES	Descrição preliminar do conflito
Descrição geral do conflito	IDENTIFICAÇÃO DOS DECISORES	Lista de decisores
Decisores	ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS	Descrição do conflito de acordo com a percepção de cada decisor
Percepção de cada decisor	IDENTIFICAÇÃO DAS OPÇÕES	Opções
Opções	DETERMINAÇÃO DOS ESTADOS VIÁVEIS	Estados viáveis
Opções e a descrição do conflito de acordo com cada decisor	ELICITAÇÃO DAS PREFERÊNCIAS	Preferências
Modelagem do conflito	ANÁLISE (GMCR)	Estados estáveis/ possíveis soluções e análise de sensibilidade
Possíveis soluções	APLICAÇÃO DA MATRIZ DE PRIORIDADE	Solução mais provável

Fonte: Autoria própria (2019)

4 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados da aplicação da metodologia para análise de conflito da Figura 10 ao conflito existente no PIS, na Paraíba. Durante a aplicação da metodologia sete pessoas foram entrevistadas: quatro produtores rurais, o gestor da CAGEPA de Sumé-PB, o gestor do DNOCS do município de Sumé-PB e um representante da ANA.

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DO CONFLITO E DECISORES

Na década de 60, um longo período de seca atingiu o Nordeste brasileiro, com grandes consequências econômicas, sociais e ambientais. Esse cenário fez com que autoridades federais e estaduais buscassem formas de amenizar os impactos. Assim, diversas ações foram desenvolvidas pelo DNOCS junto a Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em toda a região.

O DNOCS construiu mais de 300 açudes públicos em toda a região semiárida, com a finalidade de estocar a água acumulada durante os períodos de chuvas para ser utilizada nos períodos secos, em virtude da distribuição irregular de chuvas situação característica da região (DNOCS, 2019). A ocorrência de uma grande seca na região Nordeste do Brasil fez com que surgisse a necessidade de elaboração de outras políticas públicas voltadas para o desenvolvimento das populações atingidas por este fenômeno climático. Diante disto, o Governo Federal elaborou um plano que tinha a irrigação uma forma de solucionar o problema gerado pela estiagem. A partir de então se deu início a construção de inúmeros perímetros irrigados distribuídos nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Bahia e Ceará.

No ano de 1970, foi iniciada uma obra feita pelo DNOCS em parceria com a SUDENE, para implantação de irrigação no Município de Sumé, localizado no Cariri Paraibano. A obra, conhecida como Perímetro Irrigado de Sumé (PIS), foi concluída em 1976. A cidade foi escolhida em função do Açude Público Federal de Sumé, localizado no Município, e por se adequar ao objetivo do DNOCS, que era melhorar a qualidade de vida dos moradores do entorno. O objetivo da SUDENE era aplicar técnicas na agricultura para elevar o padrão de vida das famílias de agricultores, gerar oferta de alimentos e produzir em larga escala para atender o mercado consumidor local e uma indústria no Estado de Pernambuco, que tinha o tomate como principal insumo de seu processo produtivo.

O PIS se estende ao longo do Rio Sucuru por 12 km e à jusante da comporta do Açude Público Federal de Sumé, ocupando uma área total de 368,85 ha, que foi distribuída em 51 lotes, todos localizados a jusante do açude. Entretanto, na época da instalação, apenas 47 lotes foram ocupados por produtores rurais e os demais foram destinados apenas para a produção de capim para alimentação animal, devido ao alto nível de salinidade do solo. Além dos lotes à jusante, existe também lotes para produção agrícola a montante do açude, mas estes não fazem parte do PIS.

A produção agrícola da região foi suspensa devido a um longo período de seca, cujos efeitos foram agravados pela falta de gerenciamento da água que era liberada do açude. Outro fator, apontado pelos produtores rurais, que contribuiu para a paralisação das atividades do PIS foi a Estação de Tratamento de Esgotos gerida pela CAGEPA.

Atualmente há um plano de gerenciamento dos recursos hídricos da cidade de Sumé elaborado pela ANA, onde há a proposta de revitalização do PIS visto que no projeto de construção do Açude Público Municipal um quantitativo de água era destinado para as atividades de irrigação.

A partir da descrição geral do conflito foram identificados os decisores envolvidos no conflito do PIS: produtores rurais (DM1); DNOCS (DM2); ANA (DM3); e CAGEPA (DM4).

4.2 PERSPECTIVAS INDIVIDUAIS

A entrevista semiestruturada foi realizada com 5 representantes do grupo de produtores rurais do PIS. Durante a entrevista obtiveram-se respostas para as seguintes questões: (i) “como ocorria o funcionamento do perímetro irrigado?”; (ii) “que fatos aconteceram para que as atividades do PIS parassem de funcionar?”. Com as respostas, outras questões foram formuladas visando ter um entendimento melhor sobre o problema. No fim da entrevista, foi possível elaborar uma descrição do conflito retratando o ponto de vista dos produtores a jusante, conforme descrito a seguir.

Entre os anos de 1970 e 1983, a produção do PIS esteve em alta podendo destacar em primeiro lugar a plantação de tomate, que se tornou a principal fonte de renda e em segundo lugar o milho. Tais culturas eram as mais incentivadas pelo DNOCS, visto que geravam ganhos imediatos, pois havia garantia de comercialização. Havia também, pequenos lotes destinados ao cultivo de banana, feijão, melão, frutas e capim. A produção era gerenciada pelos técnicos do DNOCS, que oferecia apoio técnico e maquinário.

Neste cenário, a autonomia dos produtores era bastante reduzida em situações como a negociação com clientes, compra de insumos, utilização de recursos, etc. Paralelamente, foi criada uma cooperativa de produtores rurais para dar suporte às atividades do DNOCS. Quando a cooperativa se tornou autossuficiente, o DNOCS se afastou da gerência de parte das atividades do PIS, passando a administrar apenas questões relacionadas ao uso da água do açude de Sumé. Com a saída do DNOCS, tiveram início os primeiros conflitos entre os membros da cooperativa.

A produtividade era incentivada, de modo que quem produzia mais, ganhava mais. Isso criou um clima de competitividade entre os produtores. A água era enviada para os perímetros irrigados por meio de canais e um problema gerado pela competitividade foi a disputa na distribuição e acesso às águas dos canais. Então, com o intuito de aumentar a produtividade, os produtores rurais, que tinham seus lotes mais próximos ao açude, fechavam o canal bloqueando o fluxo de água daquele ponto até o final do perímetro. A interrupção no abastecimento prejudicava o resultado final da produção dos produtores que tinham os lotes mais afastados, os quais muitas vezes não recebiam água suficiente para manter a plantação. Essa situação agravou ainda mais os conflitos entre os produtores do PIS.

Em 1981, uma nova seca severa atingiu a região e provocou a diminuição do nível de água disponível no Açude Público Federal de Sumé, que teve seu volume reduzido para cerca de 9% do volume total. O Governo Federal, então, instituiu a recomendação de manter a comporta fechada até que o volume da barragem atingisse um nível que não colocasse o suprimento de água em risco de escassez. Esta recomendação estava alinhada com a Lei nº 9.433, mais conhecida como Lei das Águas. A recomendação incluía também a proibição de atividades de irrigação enquanto a comporta estivesse fechada.

Somado a isso, outros fatores contribuíram para que a produção a jusante fosse enfraquecida por completo. Um desses fatores está relacionado ao tipo de irrigação que era utilizada, denominada irrigação por inundação. Este tipo de irrigação deixou o solo dos lotes mais distantes do Rio Sucuru altamente salinizado e, conseqüentemente, infértil.

Por fim, foi construída uma estação de tratamento de águas residuais à jusante do açude, o que comprometeu por completo as atividades do PIS. Os produtores alegam que, as águas residuais contaminaram o solo de alguns lotes. Sabendo disso, a SUDENE proibiu totalmente a utilização dos lotes para agricultura e conseqüentemente o PIS deixou de existir.

Atualmente, muitos produtores venderam suas terras e os que ainda ficaram utilizam água de um único poço e plantam frutas para consumo próprio. Os canais que transportavam a água do açude até os lotes do PIS estão abandonados e degradados. Em conversa com os

antigos produtores do PIS, eles sinalizam interesse em custear a obra de restauração, porém, segundo eles, ainda não houve um posicionamento do DNOCS. Eles também já entraram em contato com alguns pesquisadores de universidades do Estado da Paraíba, na busca de solução para mitigar os problemas de salinização e contaminação do solo, mas, até agora, nada foi feito.

4.3 PERSPECTIVA DO DNOCS

Para conhecer o ponto de vista do decisor do DNOCS, foi realizada uma entrevista com o diretor do departamento, na ocasião ele foi questionado a respeito do posicionamento do DNOCS desde o projeto, o início e fim das atividades do PIS. A seguir é apresentar a descrição do conflito com base na perspectiva do DNOCS.

O DNOCS utilizou diversos critérios para determinar a localização de cada perímetro irrigado como, por exemplo: hidrografia, relevo, clima, vegetação, entre outros. O Rio Sucuru e o Açude Público foram pontos cruciais na escolha do Município de Sumé como sede do PIS. O projeto tinha o objetivo de proporcionar qualidade de vida para os agricultores da bacia, aumentar a oferta de produtos agrícolas para o comércio local e regional e utilizar racionalmente os recursos hídricos da região.

Para alcançar esses objetivos, o DNOCS implementou diversas ações que modificaram a estrutura econômica e social da comunidade que residia naquela localidade. Inicialmente, houve uma intervenção na infraestrutura do local, onde foi construída uma rede de canais de irrigação (utilizou irrigação por inundação), drenos, barragens subterrâneas, casas para as famílias dos produtores, escolas e estábulos. Além disso, foi promovido treinamentos para os agricultores antes que eles assumissem os lotes. Por fim, garantiu assistência técnica, econômica e social.

O departamento acabou assumindo uma posição paternalista fornecendo máquinas, técnicos para assistência em todas as situações, incluindo manutenção na estrutura de irrigação. O PIS funcionou bem até que as condições fossem favoráveis de água em abundância, porém, os agricultores não foram orientados sobre como agir em caso de situações adversas, causando a impressão de que o DNOCS estaria sempre ali como apoiador.

Com a falta de uma política de gestão dos recursos hídricos somada a seca de 1989, o Açude Público de Sumé esvaziou progressivamente. A água que restava não poderia ser usada para irrigação. Alguns poços foram perfurados no PIS para garantir o abastecimento das

famílias. Alguns produtores ainda persistem em seguir produzindo mesmo com pouca água, mas outro acabaram desistindo.

Em 2006, uma adutora foi inaugurada no Município de Congo/PB, passando a fornecer água para a cidade de Sumé/PB e, com isso, o açude público de Sumé passou a ter condições de fornecer água para outros usos bem como a irrigação. Porém, foi contatado que havia danos na infraestrutura dos canais. O DNOCS realizou o orçamento estimado das obras de reparo e encaminhou para o Governo Federal, mas até o momento da entrevista não obtiveram nenhum posicionamento do governo.

Atualmente, não se pode usar água do Açude Público de Sumé porque o mesmo abastece os municípios circunvizinhos. Existe um novo projeto para reintegração do PIS utilizando a água da transposição do Rio São Francisco e fazendo uso de um novo sistema de irrigação denominado irrigação por gotejamento. O projeto foi aprovado, porém, não se sabe quando o departamento vai receber a verba para o início das obras. Também foi solicitado à ANA liberação 108 l/s de água, durante dois meses para revitalização do PIS, mas a solicitação foi negada.

4.4 PERSPECTIVA DA ANA

A ANA e o Governo Federal foram considerados um único decisor visto que a ANA é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional, e responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros. A entrevista semiestruturada da ANA foi realizada com o representante regional do órgão. Na ocasião, ele foi questionado a respeito do pedido do DNOCS de liberação de 108 l/s durante dois meses para revitalização do PIS. Foi justificado que atualmente o PIS não tem infraestrutura para receber a água, as margens do Rio Sucuru estão poluídas e o por último o volume solicitado poderia colocar o abastecimento de água da cidade em colapso pois o nível de água do açude público estava muito baixo.

Uma equipe da ANA elaborou um plano de gerenciamento dos recursos hídricos de Sumé, onde o PIS poderia voltar a funcionar, visto que o projeto de construção do açude tinha o objetivo de impulsionar a irrigação na região. O projeto parte do pressuposto que as margens do rio seriam limpas e que deveria ser feita uma reforma na infraestrutura do PIS, trazendo uma atualização no seu sistema de irrigação, que deixaria de ser irrigação por inundação e passaria a utilizar a irrigação por gotejamento. Este plano, contempla uma

proposta de alocação da água do açude entre os vários usos, de acordo com o nível de água Quadro4: (i) volume máximo de ocupação (em verde); volume intermediário (em amarelo); volume mínimo (em vermelho). Segundo o representante da ANA, se o Município se encontrar no nível vermelho e seguir este planejamento conseguirá manter o abastecimento da cidade por dois anos, considerando a taxa de evaporação da água.

Quadro 4 - Planejamento para a locação de água.

FINALIDADES	MÉDIA	VERDE		AMARELO		VERMELHO	
		%	l/s	%	l/s	%	l/s
Sistema de abastecimento de Sumé – CAGEPA	38	100%	38,0	100%	38,0	100%	38,0
Abastecimento do município de Sumé	2,1	100%	2,1	100%	2,1	100%	2,1
Caminhões Pipa	22	100%	22,0	100%	22,0	100%	22,0
Perímetro Irrigado	104	100%	103,7	50%	51,9	25%	25,9
Demais usos no entorno	8	100%	7,5	50%	3,8	25%	1,9
Captação emergencial SIAA Congo	35	100%	35,0	100%	35,0	100%	35,0
TOTAL (l/s)	208	-	208,3	-	152,7	-	124,9

Fonte: ANA (2019)

4.5 PERSPECTIVA DA CAGEPA

A entrevista foi realizada com o diretor da CAGEPA do Município de Sumé/PB, onde foi questionado a respeito da estação de tratamento de esgoto (ETE). A obra foi projetada para receber o esgoto do Município de Sumé, que posteriormente seria tratado em lagoas de decantação. Após passar pelo tratamento a água seria jogada no Rio Sucuru, onde se tornaria própria para consumo novamente. Porém, o Rio secou e agora a água é jogada diretamente no solo. Apesar disso a CAGEPA não vê a ETE como um problema para o perímetro irrigado, visto que a água tratada tem sais que podem servir de adubo para as plantas. Em suma, de acordo com a CAGEPA, o esgoto tratado é muito bom para irrigar. O fato é que a água tratada pode ser utilizada para irrigação desde que se utilize o tipo de irrigação adequado. Alguns

tipos de culturas não podem ser cultivados com água de reuso, por exemplo, as hortaliças, porque a irrigação é feita diretamente nas folhas.

Sobre a solicitação do DNOCS de liberar 108l/s de água para revitalização do PIS, a CAGEPA não concorda, argumentando que o açude se encontra com baixo nível de água, e que esse aumento na vazão implicaria em risco ao abastecimento do Município de Sumé e das cidades circunvizinhas.

4.5.1 Opções

Com base na descrição detalhada do conflito a partir da perspectiva dos vários envolvidos, foi possível identificar as opções disponíveis para cada decisor. Quadro 5.

Quadro 5 - Decisores e suas respectivas opções.

Decisor	Opção	Descrição
DM1	1	Realizar a limpeza às margens do Rio Sucuru
	2	Estabelecer um plano de recuperação da mata ciliar do Rio Sucuru
	3	Fazer pressão política para liberação da obra de restauração do PIS
DM2	4	Realizar a obra de restauração dos canais PIS
	5	Efetuar a mudança do sistema de irrigação do PIS
	6	Elaborar um planejamento para recuperação do solo salinizado
DM3	7	Atender à solicitação feita pelo DNOCS de liberar 108 l/s durante 2 meses para revitalização do PIS
	8	Seguir o planejamento de distribuição dos recursos hídricos conforme acordado com o comitê de bacia
DM4	9	Promover treinamento para os produtores rurais sobre a utilização da água oriunda da ETE para agricultura
	10	Manter o funcionamento da ETE

Fonte: Autoria própria (2019)

4.5.2 Estados

Em 2019, o *status quo* do conflito era (N-N-Y-N-N-N-N-Y-Y-N), que corresponde a seguinte situação: às margens do Rio Sucuru poluídas, salinizadas e mata ciliar devastada; os produtores rurais fazem pressão política para que a obra de restauração do PIS aconteça, sem que houvesse previsão para o início da obra; o plano de gerenciamento dos recursos hídricos de Sumé vem sendo seguido parcialmente, pois a porcentagem de água que deveria ser destinada ao PIS só pode ser liberada depois da obra de revitalização e da troca do sistema de irrigação; e a estação de tratamento de esgotos continua funcionando normalmente.

Fazendo a avaliação dos estados considerados inviáveis: os estados em que as opções 7 e 8 são selecionadas ao mesmo tempo (-----YY---) foram considerados mutuamente excludentes, pois o DM3 não pode atender à solicitação feita pelo DNOCS de liberar 108 l/s durante 2 meses para revitalização do PIS, pois, com isso, estaria colocando o abastecimento de água do Município em risco, enquanto na opção 8, a ANA segue seu planejamento de distribuição que destina um volume de água para irrigação bem menor; logo, as duas opções não podem acontecer ao mesmo tempo. Também foram considerados mutuamente excludentes os estados em que as opções 3 e 4 são selecionadas simultaneamente (--YY-----), pois não faz sentido os produtores rurais continuarem fazendo pressão política para liberação da obra de restauração do PIS se a obra for iniciada.

Os estados em que as opções 4 e 6 não são selecionadas (---N-N----) são considerados inviáveis pois pelo menos uma delas precisa ser selecionada. A mesma situação acontece para os estados em que as opções 1 e 4 não são selecionadas (N--N-----). Existem algumas situações que uma opção depende da outra, no conflito em questão, a ocorrência das opções 2 e 4 depende da ocorrência da opção 1. E a ocorrência da opção 8 depende da ocorrência das opções 4 e 5. Na modelagem do problema ainda foi acrescentada uma restrição que os estados em que a opção 10 não é selecionada (-----N) visto que a desativação da ETE traria grandes impactos ambientais para o município.

Inicialmente o modelo apresentava 1024 estados possíveis após a inclusão das restrições para remoção dos estados inviáveis obteve-se o número de 84 estados possíveis. Tais estados serão apresentados no Quadro 6.

4	09	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	10	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
DEC.	OPÇ. EST.	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
		1	01	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	Y	-
1	02	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	N	Y	Y	N	Y	-	-
	03	N	N	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N	-	-
	2	04	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	Y	Y	-	-
2	05	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	-
	06	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	-
3	07	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	-	-
	08	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	-
4	09	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	-
	10	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	-

Fonte: Autoria própria (2019)

4.5.3 Preferências

Para o DM1, a prioridade máxima é dada para a realização a obra de restauração dos canais PIS, pois na visão do grupo essa obra é fator primordial para que ocorra a reativação do PIS. A opção de faz expressão política vem em segundo lugar, mas com a observação de que esta opção só é interessante se, somente se, o DM2 não selecionar a opção 1.

O DM2 demonstra maior interesse para a não seleção da opção 3 pois entende que a realização da obra de restauração do PIS é essencial, mas nesse caso esse grupo de decisão entende que é necessário que ocorra a elaborar um planejamento para recuperação do solo salinizado (opção 6) e que sua solicitação para a ANA seja atendida.

O DM3 tem maior foco no problema relacionado ao gerenciamento dos recursos hídricos de Sumé para que os riscos de crise por falta de água sejam minimizados. Diante disso, é importante que o seu planejamento seja seguido (opção 8) além de não selecionar a opção 9 consequentemente, não atender à solicitação feita pelo DNOCS de liberar 108 l/s durante 2 meses para revitalização do PIS. Com base nisso, foi inferido o seguinte ranking de preferências Quadro 8.

Quadro 8 - Ranking de preferências para cada decisor.

Ordem das preferências	DM1	DM2	DM3	DM4
1º	4	-3&4	8&-7	9&-7
2º	3 IFF -4	7/6	4 IFF 1	8
3º	1	½	5 IF 4	½
4º	2	5 IF 4	2&6	10 IF 9
5º	5/6	10 IF 9	10 IF 9	4 IF 5
6º	7/8		-3	-3/6
7º	10 IF 9			

Fonte: Autoria própria (2019)

4.6 ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DA SOLUÇÃO

Para o conflito analisado, dezoito estados apresentaram equilíbrio para pelo menos um dos critérios Quadro 9.

Quadro 9 - Análise de estabilidade.

Est. c/ equilíbrio	01	02	04	05	09	10	11	12	16	17	18	20	21	25	26	27	28	32
R		X							X					X			X	X
GMR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SMR		X		X	X			X	X		X	X	X	X			X	X
SEQ		X		X	X			X	X		X	X	X	X			X	X
NM		X			X			X	X			X		X			X	X
L(2)		X			X			X	X			X		X			X	X

Fonte: Autoria própria (2019)

Os estados 1, 4, 10, 11, 17, 26 e 27 foram considerados estados fracos, visto que, são estáveis apenas para a Meta Racionalidade Geral (GMR). Os estados 2, 16, 25, 28 e 32 foram considerados estados fortes pois se apresentaram como estados estáveis para todos os critérios de estabilidade, isto quer dizer que os mesmos não apresentam nenhum incentivo para que o decisor desvie dele através das suas mudanças unilaterais, logo, apresentaram equilíbrio para todos os critérios de estabilidade disponíveis no GMCR. Portanto, estes estados são possíveis soluções para o problema.

Analisando os estados com estabilidade forte, tem-se que a seleção da opção 4 é extremamente importante para resolução do conflito, pois é essencial para o funcionamento do PIS e estava presente nos primeiros lugares do ranking de prioridade de três dos quatro decisores (DM1, DM2 e DM3). Esta opção foi selecionada em quatro das cinco possíveis soluções(estados 2,16, 5 e 32).

Uma análise da sensibilidade foi realizada para testar a robustez dos resultados, modificando a ordem de preferência do DM1, para verificar se os estados ainda estariam presentes nas possíveis soluções do conflito. A nova ordem de preferência é apresentada no Quadro 10, após as alterações os estados ainda foram considerados equilíbrio por todos os critérios de estabilidade.

Quadro 10 - Modificações na ordem de preferência do DM1.

ANTES	DEPOIS
4	1
3 IFF -4	5/6
1	3 IFF -4
2	2
5/6	10 IF 9
7/8	7/8
10 IF 9	

Fonte: Autoria própria (2019)

Para encontrar a solução mais provável entre os cinco estados que apresentaram equilíbrio para o modelo, foi utilizada a matriz prioridade Quadro 11. A matriz indica que as opções 1, 2, 5 e 8 são consideradas prioridade para todos os decisores assim com as opções 4 e 10, as demais opções apresentam menor prioridade. As opções de maior prioridade indicam que os decisores apresentam interesse na seleção das mesmas, logo o estado mais provável seria (YY--Y--Y--) consequentemente o estado 32 seria a seleção mais provável para o conflito.

Quadro 11 - Matriz prioridade.

OPÇ.\ DEC.	DM1	DM2	DM3	DM4	TOTAL
1	X	X	X	X	4
2	X	X	X	X	4
3	X				1
4	X	X	X		3
5	X	X	X	X	4
6	X	X			2
7	X	X			2
8	X	X	X	X	4
9	X				1
10		X	X	X	3

Fonte: Autoria própria (2019)

O estado 32 corresponde a seguinte situação: os produtores rurais decidem fazer a limpeza nas margens do Rio Sucuru, além de estabelecer um plano de revitalização da mata

ciliar; os produtores não precisam fazer pressão política, pois as opções de realizar a obra de restauração do PIS e trocar o sistema de irrigação do PIS foi selecionada pelo DNOCS; o plano de recuperação do solo salinizado não foi selecionado pelo DNOCS; a ANA decide manter o plano de gerenciamento da água e não aceita a solicitação do DNOCS; a CAGEPA mantém o funcionamento da estação de tratamento, mas não vai fornecer treinamento para os produtores rurais.

A solução sugerida pelo modelo implica no desenvolvimento econômico e social da região estudada, de modo que, a reativação do PIS pode gerar oferta empregos, alimentação e renda para as famílias dos produtores rurais. Consequentemente a economia da cidade será afetada positivamente pois pode aumentar o poder aquisitivo da população. Além disso, pode-se notar que a preocupação ambiental foi um ponto importante para solução do conflito, percebe-se a preocupação com a responsabilidade ambiental quando o foi sugerida a utilização do plano de gerenciamento da ANA e a limpeza das margens do Rio Sucuru.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou um conflito sobre uso de água ocorrido no perímetro irrigado de Sumé utilizando o modelo GMCR. A descrição da situação conflituosa foi feita a partir de uma metodologia desenvolvida para auxiliar o modelo na etapa de modelagem do conflito.

A metodologia proposta nesse trabalho contempla a identificação dos decisores, uma descrição holística da situação, levando em conta os pontos de vistas dos diferentes envolvidos. Entender o ponto de vista de cada decisor facilita a identificação das opções que cada um possui, os estados viáveis, suas restrições e as preferências de cada grupo envolvido, estas informações são os principais inputs para a modelagem do GMCR. Após a identificação dos inputs requisitados pelo modelo, é feita uma análise de sensibilidade dos estados estáveis e por último a identificação da solução mais provável, a última etapa pode ser auxiliada pela matriz de prioridade quando necessário.

Tendo conhecimento de todas as informações necessárias o modelo GMCR pode gerar os estados viáveis que serão submetidos a uma análise de estabilidade que apontará os estados que apresentaram equilíbrio. Posteriormente é feita uma análise da sensibilidade para avaliar a robustez do modelo para verificar se os estados ainda apresentarão equilíbrio depois de sofrerem perturbações nas preferências.

No conflito analisado foram identificados 4 decisores e 10 opções o que gerou 1024 estados possíveis, porém apenas 84 foram considerados viáveis. Os estados 02, 16, 25, 28 e 32 apresentaram equilíbrio para todos os critérios de estabilidade disponíveis no GMCR. Esses estados também foram apresentados como equilíbrio após a análise de sensibilidade. Com a ajuda da matriz de prioridades, foi possível identificar o estado 32 como a solução mais provável para o conflito.

De acordo com o estado 32, a recomendação para resolver o conflito a reativação do PIS que seria responsabilidade do DNOCS, a realização da limpeza das margens do Rio Sucuru por parte dos Produtores Rurais e a implementação do plano de gerenciamento dos recursos hídricos proposto pela ANA, a situação da CAGEPA não foi alterada.

REFERÊNCIAS

- ALHINDI, T. J.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M. **The conflict over the Asian Infrastructure Investment Bank involving China, USA, and Japan.** *In: Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 2017 IEEE International Conference on. IEEE, 2017. p. 3584-3589.
- AMARAL, M. R. S.; CESARIO, C. V. **Apostila do minicurso:** Software R. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, 2009. Disponível em: <https://www.ime.uerj.br/~mrubens/slae/minicursosoftwareR.pdf>. Acesso em: 05 de Agosto de 2019.
- ANA. **Alocação de água 2019/2020 sistema hídrico de Sumé-PB/ Rio Sucuru.** Sumé. 2019. Disponível em: https://1drv.ms/u/s!Al9osEOQwfh_kiVwpsRDhA_9dPZz?e=c6xUwr. Acesso em: 05 de fev. de 2020.
- BUTTEL, F. “**World Society, the Nation-State, and Environmental Protection:** Comment on Frank, Hironaka, and Schofer”, *In: American Sociological Review (Washington)* Vol. 65, Nº 1, February, 2000.
- FANG, L., HIPEL, K. W., KILGOUR, D.M. The Graph Model Approach to Environmental Conflict Resolution. **Journal of Environmental Management**, v. 27, p. 195-212, 1988.
- FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M. **Interactive decision making:** the graph model for conflict resolution. John Wiley & Sons, 1993.
- FANG, L.; HIPEL, K.W.; KILGOUR, D. M. Conflict models in graph form: Solution concepts and their interrelationships. **European Journal of Operational Research**, v. 41, n. 1, p. 86-100, 1989.
- FARIS, M. R.; AL-MOHSEEN, K. A.; HIPEL, K. W. Conflict Resolution *In: The Euphrates River Dispute Using The Graph Model For Conflict Resolution.* **Academic Journal of Science**, v. 6, p. 295–306, 2016.
- FIGUEIREDO, Lara Joana Lopes de. **A gestão de conflitos numa organização e consequente satisfação dos colaboradores.** Tese de Doutorado. 2012.
- FILHO, Severino Soares Agarra. **Conflitos ambientais e os instrumentos da política nacional de meio ambiente.** Desenvolvimento e conflitos ambientais. Belo Horizonte: Editora UFMG, p. 351-359, 2010.
- FOLEY, T. Environmental Conflict Resolution: Relational Na Environmental Attentiveness as Measures of Success. *Conflict Resolution Quarterly.* **Canberra**, v. 24, n.4, p. 486-504, 2007.
- GETIRANA, A.C.V., AZEVEDO, J.P.S., MAGALHÃES, P.C. Conflitos Pelo Uso da Água no Setor Agrícola no Norte Fluminense (II): Processo Decisório Através do Modelo Grafo para Solução de Conflitos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 2, p. 39-50, 2007.

HAN, Q.; ZHU, Y.; KE, G. Y. **Analyzing the financing dilemma of brownfield remediation in China by using GMCR.** *In: Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2016 IEEE International Conference on.* IEEE, 2016. p. 002431-002435.

HIPEL, K.W.; KILGOUR, D.M.; FANG, L. **The graph model for conflict resolution.** *In: Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, volume 2.* Eolss Publishers, Oxford, UK, 2012.

HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M.; KINSARA, R. A. Strategic investigations of water conflicts in the middle east. **Group Decision and Negotiation**, v. 23. n. 3. p. 355-376. 2014.

HIPEL, K. W.; WALKER, Sean Bernath. Conflict analysis in environmental management. **Environmetrics**, v. 22. n. 3. p. 279-293. 2011.

IBASE. **Conflitos sociais e meio ambiente: desafios políticos e conceituais.** Rio de Janeiro, 1995.

JUNIOR, Sérgio Paulo Ramires. Governança colaborativa aplicada à gestão de conflitos socioambientais na despoluição de córregos na cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 11, n. 1, 2015.

KASSAB, M.; HIPEL, K.; HEGAZY, T. Conflict resolution in construction disputes using the graph model. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 10, p. 1043-1052, 2006.

KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W.; FANG, L. The graph model for conflicts. **Automatica**, v. 23, n. 1, p. 41-55, 1987.

LITTLE, Paul E. **A etnografia dos conflitos sócio-ambientais: bases metodológicas e empíricas.** Anais do I Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 2004.

MADANI, K. Game theory and water resources. **Journal of Hydrology**. v. 381, n. 3, p. 225-238, 2010.

NANDALAL, K. D. W.; HIPEL, Keith W. Strategic decision support for resolving conflict over water sharing among countries along the Syr Darya River in the Aral Sea Basin. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 133, n. 4, p. 289-299, 2007.

NASCIMENTO, Eunice Maria; EL SAYED, Kassem Mohamed. **Administração de conflitos, Gestão do capital humano.** v.5. p. 47-56, 2002.

NOAKES, D. J. An examination of the salmon aquaculture conflict in British Columbia using the graph model for conflict resolution. **Fisheries Management and Ecology**, v. 10, n. 3, p. 123-137, 2003.

OBEIDI, A., HIPEL, K.W., KILGOUR, D.M. Canadian bulk water exports: analyzing the sun belt conflict using the graph model for conflict resolution. **Knowledge, Technology & Policy**, v.14, n. 4, p. 145-163, 2002.

PESSOA, M. E. B. T. P. SCHRAMM, V. B. **O Uso do modelo GMCR para resolver conflitos no âmbito dos comitês de bacias hidrográficas.** XV Congresso de Iniciação científica da Universidade Federal de Campina Grande. 2018.

PHILPOT, S.; HIPEL, K.; JOHNSON, P. Strategic analysis of a water rights conflict in the south western United States. **Journal of Environmental Management**, v. 180, p. 247-256, 2016.

SARTINI, B. A.; GARBUGIO, G.; BORTOLOSSI, H. J.; Santos, P.A.; Barreto, L. S. **Uma Introdução a Teoria dos Jogos.** II Bienal da SBM, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

UNESCO. **Conflict and Cooperation related to International Water Resources: Historical Perspectives.** UN, Paris, France. 208p. 2002.