



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL

LOUISE CAROLINE PEIXOTO XAVIER

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO ÀS SECAS USANDO TÉCNICAS DE
APRENDIZAGEM DE MÁQUINA

RUSSAS

2019

LOUISE CAROLINE PEIXOTO XAVIER

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO ÀS SECAS USANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAGEM
DE MÁQUINA

Monografia submetida à Universidade Federal do Ceará, Campus Russas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof. Dr. Samiria Maria Oliveira da Silva.

RUSSAS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Xavier, Louise Caroline Peixoto.

Avaliação da percepção às secas usando técnicas de aprendizagem de máquina
/ Louise Caroline Peixoto Xavier. – 2019.

71 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de
Russas, Curso de Engenharia Civil, Russas, 2019.

Orientação: Profa. Dra. Samiria Maria Oliveira da Silva.

1. Segurança Hídrica. 2. Agricultura irrigada. 3. Percepção às secas. I. Título.

CDD 620

LOUISE CAROLINE PEIXOTO XAVIER

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO ÀS SECAS USANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAGEM
DE MÁQUINA

Monografia submetida à Universidade Federal do Ceará, Campus Russas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr. Samiria Maria Oliveira da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Sandra Helena Silva de Aquino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Taís Maria Nunes Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

À minha avó, Iraci Alves, e aos meus pais,
Antonia Lucineide e Cleonilto Clemente.

AGRADECIMENTOS

À Deus acima de tudo.

À minha avó, Iraci Alves, a quem dedico meu trabalho e todas as minhas conquistas. Embora não esteja mais fisicamente comigo, seus ensinamentos e seu amor sempre guiarão meus passos.

À minha mãe, Lucineide, por toda abdicação e sacrifício para que eu pudesse ter acesso a uma educação de qualidade. Agradeço por acreditar no meu potencial e sempre estar ao meu lado, apesar de todas as dificuldades.

À minha família, em especial ao meu tio Francisco Casusa e minha prima Maria dos Reis, pelo apoio financeiro e emocional. Agradeço por todo o cuidado que tiveram comigo.

À minha orientadora e amiga, Prof. Samiria Maria, pelo incentivo e paciência durante todo o processo. Agradeço pelo carinho, por acreditar em mim, pelo constante incentivo e por ser minha maior fonte de inspiração.

Ao coordenador do grupo de pesquisa Gerenciamento do Risco Climático (GRC) e amigo, Prof. Francisco de Assis de Souza Filho, pela oportunidade de conviver com o grupo, mesmo sendo de outro campus, e por ser inspiração profissional e pessoal.

Aos participantes da banca examinadora e amigas Daniela, Sandra e Taís, agradeço pela disponibilidade em avaliar e contribuir com este trabalho.

Aos colegas de curso, que me acompanharam nas fases difíceis e nas conquistas, em especial Thayssa, Thiago, Tayslan, Sabrina, Josy, Júnior, Germano Girão, Ronildo, Lucas e demais, por não me permitirem desistir. À minha amiga Fernanda Lima, por sempre me apoiar, entendendo o conceito de estar longe dos que amamos.

Aos amigos do grupo de pesquisa GRC pelo apoio e parceria, em especial, Taís, Sandra e Victor, por suas discursões e contribuições significativas para minha pesquisa.

À minha amiga Franciélia Rodrigues e família por me acolher e por estar sempre presente, tornando a minha caminhada mais leve.

À minha amiga Thayssa Vieira e família por me acolher em todos os momentos que necessitei estar em Fortaleza e por toda a amizade durante a graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento da bolsa de estudos durante a fase exploratória da pesquisa.

“Água tanta, tão pouca, tão suja e tão cara”
(SOUZA FILHO, Francisco de Assis de).

RESUMO

A gestão das secas ganha ênfase no cenário da agricultura irrigada, atividade de considerável vulnerabilidade hídrica. Desta forma, o presente estudo propõe a compreensão da percepção às secas dos irrigantes e a identificação de estratégias de adaptação, no intuito de subsidiar a tomada de decisão no processo de alocação de água. O estudo foi realizado no perímetro irrigado Tabuleiro de Russas, no interior do Ceará. Para isso buscou-se identificar as características, causas e consequências das secas através da percepção dos irrigantes. Identificou-se o perfil dos entrevistados, como também sua percepção sobre a definição de seca e seus impactos socioeconômicos. Constatou-se a visão de seca para os irrigantes pautada mais em características meteorológicas do que hidrológicas. Além disso, dentre os principais impactos da última seca para os agricultores locais foram identificados que 97% destes tiveram suas safras quebradas, 93% reduziram seu lucro e 20% precisaram realocar-se para outras atividades no período de crise hídrica. Utilizando duas técnicas de aprendizagem de máquina, os métodos da Floresta Aleatória e da Correlação de Pearson, aplicados a linguagem R, foram selecionadas as variáveis de maior importância e correlação ao processo de percepção dos usuários. Os métodos selecionaram seis, das nove, variáveis testadas (Número de lotes ativos; Tempo de trabalho com agricultura; Motivo das secas; Idade do entrevistado; Nível de escolaridade; Participação em grupos de discussão sobre a seca, em ordem decrescente de importância). Utilizando ainda essa linguagem, e, por meio de simulação computacional estatística foi desenvolvido um modelo preditivo por regressão linear de percepção às secas, a fim de quantificar e identificar o nível de percepção do perímetro, classificando de baixo a alto nível. O modelo desenvolvido foi validado, encontrando-se percentual de erro de apenas 3,33% para os dados observados. A percepção do perímetro foi considerada alta. Também foi avaliada a insatisfação dos usuários e a necessidade de melhoria no sistema de comunicação entre gestores, administradores e irrigantes. Portanto, as pesquisas acerca da percepção dos usuários devem ser fomentadas, uma vez que sua incorporação no processo de alocação de água pode ser proveitosa na redução de conflitos e na adoção de práticas proativas de gestão, assim como no desenvolvimento de um sistema holístico e eficiente de alerta precoce ao risco.

Palavras-chave: Segurança hídrica. Agricultura irrigada. Percepção às secas.

ABSTRACT

Drought management gains emphasis on the scenario of irrigated agriculture, an activity of considerable water vulnerability. Thus, the present study proposes the understanding of drought perception of irrigants and the identification of adaptation strategies, in order to support decision making in the water allocation process. The study was carried out in the irrigated perimeter Tabuleiro de Russas, in the interior of Ceará. For this, we sought to identify the characteristics, causes and consequences of droughts through the perception of irrigants. The profile of the interviewees was identified, as well as their perception of the definition of drought and its socioeconomic impacts. It was found the vision of drought for the irrigators based more on meteorological than hydrological characteristics. In addition, among the main impacts of the last drought on local farmers, it was identified that 97% of these had their crops broken, 93% reduced their profit and 20% had to relocate to other activities in the water crisis period. Using two machine learning techniques, the Random Forest and Pearson Correlation methods, applied to the R language, were selected the variables of most importance and correlation to the process of perception of users. The methods selected six of the nine variables tested (Number of active lots; Time spent working in agriculture; Drought reason; Age of respondent; Level of education; Participation in discussion groups about drought, in decreasing order of importance). Using this language, and by means of statistical computational simulation, a predictive model for linear perception of drought was developed to quantify and identify the level of perception of the perimeter, classifying from low to high level. The developed model was validated, with an error percentage of only 3.33% for the observed data. Perimeter perception was considered high. It was also evaluated the dissatisfaction of users and the need for improvement in the communication system between managers, administrators and irrigators. Therefore, research on users' perceptions should be encouraged, as their incorporation into the water allocation process can be beneficial in reducing conflicts and adopting proactive management practices, as well as developing a holistic and efficient early warning system for risk.

Keywords: Water security. Irrigated agriculture. Perception of droughts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Localização do perímetro irrigado de Tabuleiro de Russas.....	20
Figura 2- Metodologia utilizada no RF.	36
Figura 3 - Box plot das variáveis em função das importâncias pelo RF.	47
Figura 4- Matriz de Correlação de Pearson.	49
Figura 5 - Previsões para o modelo de Regressão Linear Múltipla.	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Porcentagem por faixa de idade dos entrevistados.	40
Gráfico 2- Definição de seca segundo a visão dos irrigantes.	41
Gráfico 3- Motivo das secas sob a visão dos irrigantes.	42
Gráfico 4- Volume em função dos anos no Reservatório Castanhão.	43
Gráfico 5- Porcentagem dos Impactos da última seca segundo os irrigantes locais.	44
Gráfico 6- Percepção sobre o início das secas.	45
Gráfico 7 - Estratégias de adaptação adotadas.	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Descrição das variáveis utilizadas no RF.	47
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
COGERH	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos
FUNCEME	Fundação Cearense Meteorologia e Recursos Hídricos
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra às Secas
SEAGRI	Secretaria da Agricultura Irrigada
DISTAR	Distrito de Irrigação do Perímetro Tabuleiro de Russas
OCDE	Organização para Economia Cooperação e Desenvolvimento
CMI	Índice de Umidade da Cultura
SPI	Índice normalizado de precipitação
SPEI	Índice normalizado de precipitação-evaporação
SRI	Índice normalizado de vazão
RF	Random Forest
CCP	Coefficiente de Correlação de Pearson

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	18
1.2	Objetivos	19
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	19
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	19
2	LOCAL DE ESTUDO	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1	Definição de Seca	22
3.2	Percepção do risco	23
3.3	Adaptação às Secas	26
4	METODOLOGIA	32
4.1	Levantamento de dados	32
4.2	Análise estatística de dados	34
4.3	Seleção e avaliação das variáveis explicativas da percepção às secas	35
4.4	Modelo Preditivo de Percepção às secas	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1	Caracterização das secas e identificação das estratégias de adaptação	40
5.2	Seleção e avaliação das variáveis explicativas	47
5.3	Modelo de Percepção	51
5.4	Análise do grau de satisfação dos irrigantes	53
6	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	67
	APÊNDICE B – REGISTROS FOTOGRÁFICOS	71

1 INTRODUÇÃO

As secas, cada vez mais prolongadas e danosas, tem dado celeridade às discussões sobre segurança hídrica e exigido prioridade à temática de gestão de águas na agenda internacional.

O Programa Hidrológico Internacional da Unesco - define segurança hídrica como a [...] capacidade de assegurar a uma população o acesso a quantidades adequadas de água de qualidade aceitável com a finalidade de sustentar a saúde humana e a saúde dos ecossistemas, em uma bacia hidrográfica, e também assegurar proteção eficiente da vida e da propriedade contra desastres relacionados a recursos hídricos – secas, enchentes, deslizamentos, afundamento de solos (Unesco, IHP, 2012).

Essa definição atenta sobre a evolução das preocupações sobre os recursos hídricos, desde sua disponibilidade física (escassez de água) e questões socioeconômicas, aos impactos de ameaças externas, incluindo eventos extremos (vulnerabilidade hídrica). Nesse sentido, a segurança hídrica destaca duas ações fundamentais: água como ameaça à segurança das populações humanas e aos ecossistemas (enchentes, secas, poluição); e água para assegurar suprimento adequado aos múltiplos usos (TUNDISI; TUNDISI, 2015).

Ainda nessa linha, para Melo e Johnsson (2017) a segurança hídrica implica em ter água suficiente, em quantidade e qualidade, para as necessidades humanas (saúde, subsistência e atividades econômicas produtivas) e ecossistemas, atrelada a capacidade de acessá-la e usá-la, resolvendo os conflitos e gerindo risco relacionados à água, incluindo enchente, seca e poluição. Assim, cada vez mais, os pesquisadores reconhecem a perspectiva multidisciplinar em torno da segurança hídrica, exigindo que este conceito perpassasse por uma análise que incluía questões de governança, economia, aceitação social e necessidades de uso (WUIJTS et al., 2018).

Esses conceitos remetem a necessidade de uma gestão pautada na adaptação, na incerteza e nos riscos de falha do sistema hídrico, exigindo a adaptação do sistema sócio natural, nos seus mais diversos setores socioeconômicos. Assim, a gestão político-social deve estar sintonizada com as necessidades sustentáveis do sistema. Os autores Philip e Salian (2011) defendem que novas políticas, regulamentos, modelos, técnicas e investimentos serão sempre necessários para gerir impactos decorrentes do crescimento populacional, da infraestrutura que se deteriora, do crescimento urbano, das mudanças climáticas e de muitas outras pressões atuais e futuras sobre o sistema hídrico.

Nesse contexto, a gestão de riscos de seca se caracteriza como uma abordagem proativa da inserção de estratégias de curto, médio e longo prazo, que devem ser inseridas no processo de tomada de decisões no tocante às secas. Assim, as ações devem ser pautadas no equilíbrio entre demanda e disponibilidade de água, analisando os cenários de seca atuais e futuros, no intuito de mitigar seus efeitos e propor ações sistemáticas e antecipadas, a partir de técnicas que melhorem a previsão ou alerta precoce dos eventos de seca (ARAÚJO JÚNIOR, 2018).

Entre as atividades mais afetadas pelo déficit hídrico está a agricultura irrigada, atividade esta que apresenta grande vulnerabilidade as secas. Nisso, medidas eficientes podem vir a contribuir significativamente para o aumento ou diminuição da resiliência a seca na agricultura irrigada, com ênfase em regiões áridas e semiáridas (DE OLIVEIRA; TALAMINI, 2010). Tais medidas perpassam, entre outras coisas, por uma gestão eficiente dos recursos e a adoção de uma base robusta e confiável tanto no tocante ao planejamento e à tomada de decisões quanto à alocação eficiente da água.

Na constituição dessa base, cita-se a compreensão da percepção dos usuários do sistema como necessária ao desenvolvimento de mecanismos proativos de adaptações às secas, como também na elaboração de políticas de gestão de seca e no desenvolvimento de um sistema holístico e eficiente de alerta precoce ao risco.

1.1 Justificativa

Desde meados da década de 2000, vem crescendo o número de estudos que relatam as percepções dos produtores rurais familiares sobre a variabilidade climática e as medidas adaptativas correspondentes (LINDOSO, 2013). A bibliografia apresenta diversas experiências de uso da percepção e compreensão da seca por agricultores para a formulação de estratégias de enfrentamento e políticas adaptativas (ver HOU et al., 2017; ASHAF; ROUSTRAY, 2013; URQUIJO; STEFANO, 2015; IQBAL et al., 2018; BAHTA et al., 2016).

Nesse sentido, compreender a percepção dos usuários acerca do déficit hídrico corresponde um avanço no desenvolvimento de ações proativas de mitigação dos impactos das secas e adaptação a esse evento, assim como na elaboração de políticas de gestão de secas pautadas em um planejamento e alocação mais eficiente dos recursos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Compreender a percepção às secas dos irrigantes e identificar estratégias de adaptação a fim de subsidiar a tomada de decisão no processo de alocação de água.

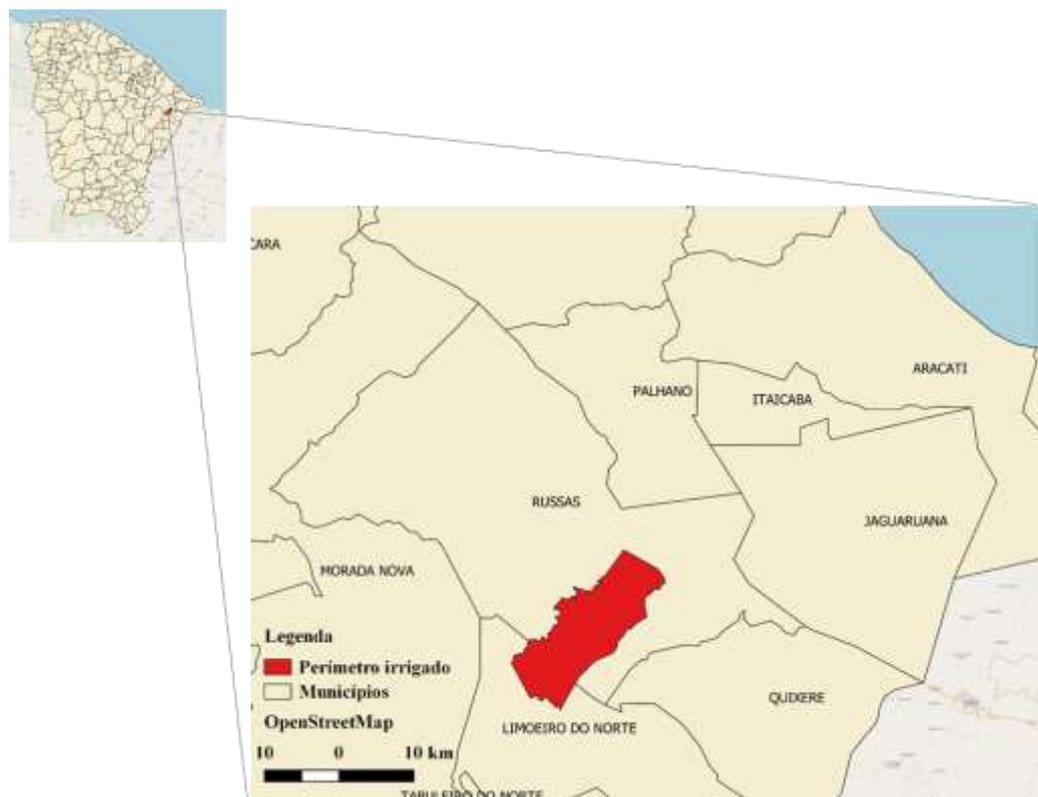
1.2.2 Objetivos específicos

- i. Identificar e descrever as características, causas e consequências das secas através da percepção dos irrigantes;
- ii. Avaliar as variáveis que influenciam na percepção às secas, através da aplicação de técnicas de aprendizado de máquina;
- iii. Desenvolver um modelo que represente o nível de percepção dos irrigantes em relação à seca por meio de simulação computacional estatística;
- iv. Analisar o grau de satisfação dos irrigantes em relação às políticas de redução de impactos às secas implementadas pelo governo.

2 LOCAL DE ESTUDO

O Perímetro irrigado Tabuleiro de Russas está localizado nos municípios de Russas, Limoeiro do Norte e Morada Nova a 160 km da área metropolitana de Fortaleza, Ceará, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude Sul $5^{\circ}37'20''$, longitude Oeste $38^{\circ}07'08''$, com altitude de 82 metros. A escolha da área de estudo se deu ao fato deste se apresentar como um dos principais perímetros do estado.

Figura 1 - Localização do perímetro irrigado Tabuleiro de Russas.



Fonte: Autor (2019).

A área do perímetro Tabuleiro de Russas (Figura 1) está situada no Baixo Jaguaribe na Zona de Transição Norte do Tabuleiro de Russas, em forma de uma faixa de terra arável contínua ao longo da margem esquerda do rio Jaguaribe entre a confluência entre o rio Banabuiú e da cidade de Russas (MACIEL, 2016). O perímetro apresenta estreita proximidade com o rio Jaguaribe dentro da zona de fronteira a jusante de Banabuiú e Baixo Jaguaribe.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSh - Clima Semiárido quente, caracterizando-se como seco e muito quente. A precipitação média é de 720 mm, distribuída irregularmente ao longo do ano, concentrando-se entre os meses de Dezembro

a Junho ou Julho, notoriamente entre Fevereiro e Abril. A umidade relativa média do ar e a temperatura média mensal são, respectivamente, de 60% e 27° C e a demanda evaporativa é de 2900 mm. ano⁻¹(MACIEL, 2016).

A saber, o perímetro cobre uma área total de 18.276 ha, implantados durante duas fases. A primeira fase compreende uma área total irrigável de 14.666 ha, destes 10.765 ha são contabilizados como superfície irrigada, sendo as superfícies restantes de caráter de reservas jurídica, infraestrutura e áreas residenciais. Localmente, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS - levanta que há uma grande variedade de culturas cultivadas, incluindo várias frutas, como bananas, goiabas e coco, legumes, grãos, milho verde, gramíneas forrageiras, açúcar de cana, Oleaginosas, dentre outras (DNOCS, 2012). Entre as tecnologias de irrigação locais estão os sistemas de micro aspersores, irrigação por gotejamento e alguns pivôs centrais.

Frente à necessidade de adaptação à escassez hídrica e as secas cíclicas recorrentes, Peter et al. (2014) aponta que o governo adotou uma política de construção de reservatórios, construindo reservatórios cujas capacidades de armazenamento variavam de 10³ à 10⁹ m³. Desses, vale salientar os reservatórios Banabuiú e Castanhão como as fontes de fornecimento predominantes do perímetro de irrigação estudado, além dos perímetros vizinhos, denotando de uma capacidade total de 1,6 km³ e 6,7 km³, respectivamente (FUNCEME; COGERH, 2017).

A concepção de criação do Tabuleiro de Russas advém de 1992, porém sua execução se deu apenas em meados de 2006. Quanto à estrutura organizacional do projeto, existe um convênio PGE N° 50/98, documentado entre o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS e o Estado do Ceará, através Secretaria da Agricultura Irrigada-SEAGRI, com objetivo de transferir ao Estado a Administração, operação e manutenção de toda infraestrutura de irrigação de uso comum de perímetro (DNOCS, 2012). Cabe ao DNOCS a implantação da infraestrutura de canalização da água e eletrificação até o lote do irrigante, ficando a cargo da iniciativa privada as despesas com transferência da titularidade das áreas irrigadas, aquisição dos equipamentos e preparo do terreno para plantio.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Definição de Seca

As secas são eventos usuais associados à variabilidade climática. Elas podem ser meteorológicas, agrícola, hidrológica e socioeconômica, apesar de todas serem originadas da deficiência de precipitação, tendo efeitos com potencialidade a se estender por um considerável período de tempo, inclusive após o fim do evento.

Esta precipitação deficiente é considerada meteorológica quando abrange um longo período de tempo, tendo sua existência definida em termos das características naturais, tais como temperaturas elevadas e humidade relativa baixa, logo pode ser expressa em função do grau de secura. Em contrapartida a ênfase aos aspectos naturais dada nesse tipo de seca, alguns outros tipos ressaltam os aspectos humanos e sociais das secas e da gestão dos recursos hídricos, a exemplo da seca agrícola, hidrológica e socioeconômica, associadas à interação da precipitação às ações antrópicas no que tange a satisfação das exigências de consumo (WILHITE *et al.*, 2014).

A seca agrícola agrega as características da seca meteorológica aos impactos agrícolas consecutivos, com destaque na precipitação escassa, perdas por evapotranspiração, déficits de água no solo, dentre outros. Assim, definir seca agrícola envolve entender a susceptibilidade variável das culturas em seus vários estágios de desenvolvimento, posto que a sensibilidade das culturas e a exigência hídrica destas estão atreladas às características biológicas de cada planta. Portanto, podem ser definidas como o resultado da deficiência de umidade no solo (WILHITE, 2000). Com isso, Heim Jr. (2002) pontua que os primeiros sinais de seca agrícola podem ser observados posteriores ao começo da seca meteorológica, dependendo do teor de água no solo previamente à seca.

Wilhite (2000) ainda define as secas hidrológicas como fenômeno associado aos efeitos da queda no fornecimento de água na superfície ou abaixo da superfície, estando, portanto, relacionada à recarga dos reservatórios e águas subterrâneas. Por fim, a reunião dos elementos das secas meteorológicas, agrícola e hidrológica associados à oferta e a procura de algum bem econômico ou serviço, define a seca socioeconômica. Esta está diretamente relacionada com o fornecimento de determinado bem ou serviço que é dependente da precipitação. Sendo assim, mudanças na frequência de seca meteorológica, ou mudanças na vulnerabilidade da sociedade à escassez de água podem aumentar consideravelmente a magnitude dos impactos da seca (WILHITE *et al.*, 2014).

Nesse sentido, a seca é analisada como um fenômeno natural, podendo potencializar ou agravar situações de desequilíbrio entre as disponibilidades dos recursos hídricos numa região hidrológica, ocasionando a sua escassez e posteriormente impactos de grande significância (VIVAS; MAIA, 2010). Além disso, a seca aumenta a chance de insegurança alimentar, escassez de água potável, problemas mentais e de saúde física, a migração para o trabalho etc. (UDMALE, 2014).

Assim, a seca perpassa pelas diversas esferas da sociedade impactando nos seus respectivos setores. Cunha (2008) discute os impactos sociais, econômicos e ambientais da seca. Quanto aos impactos econômicos, cita a perda de produção agrícola e industrial, aumento de custos na tarifa para a população e perdas financeiras para as companhias de água e esgoto. No tocante aos impactos ambientais está a redução de biodiversidade, a redução de água no subsolo, bem como níveis mais baixos nos lagos e em reservatórios. Por fim, os impactos sociais estão associados aos problemas relacionados à saúde pública, contaminação na rede de abastecimento e déficit na segurança hídrica.

A seca pode ainda ser quantificada por meio de índices. Rosa (2011) aponta que os índices de seca surgem da necessidade de existência de uma medida normalizada que proporcione comparar as secas entre regiões com diferentes características climáticas, bem como para a comparação de eventos de seca que numa dada região ou localidade ocorreram em momentos históricos diferentes. Permitindo, portanto, identificar o começo de uma seca e o seu término, avaliando ainda a sua evolução em termos de severidade. A escolha deles deve considerar fatores como as características hidroclimáticas da região analisada, o tipo de seca, os dados disponíveis e a vulnerabilidade da sociedade. Dentre os índices mais difundidos estão: o Índice de Umidade da Cultura (CMI) desenvolvido por Palmer (1968) para análise de seca agrícola; o índice normalizado de precipitação (SPI) e o índice normalizado de precipitação-evaporação (SPEI) adequado para análise de seca meteorológica; além do índice normalizado de vazão (SRI) e o índice sintético, apropriados para análise de seca hidrológica.

3.2 Percepção do risco

Os estudos acerca de percepção de riscos decorrem da década de 1970/80 como instrumento de compartida aos saberes científicos e técnicos de riscos que negligenciavam as crenças, receios e inquietações da comunidade envolvida (PERES *et al.*, 2005). Em vista disso, Wiedemann (1993), definiu percepção de riscos como sendo a “habilidade de interpretar uma situação de potencial dano à saúde ou à vida da pessoa, ou de terceiros, baseada em experiências

anteriores e sua extrapolação para um momento futuro, habilidade esta que varia de uma vaga opinião a uma firme convicção”.

Entender percepção ao risco perpassa a priori, por compreender o significado de risco. Para Mineto (2005) risco corresponde à probabilidade de um evento ocorrer ou não, estando este combinado com a magnitude das perdas e ganhos envolvidos na ação realizada, impregnando ao conceito de risco a ambiguidade entre o possível e provável e entre positividade e negatividade, expressando, portanto, o sentido de incerteza sobre resultados esperados.

Ao passo que o risco é inserido nas discursões econômicas e políticas, Beck (1998) o define como uma forma de negociar ou colonizar o futuro. Assim, em relação ao risco são identificadas duas vertentes de análise: a avaliação de risco e a percepção de risco. Enquanto a avaliação de risco é entendida como uma atividade objetiva com enfoque predominantemente quantitativo e técnico, a vertente da percepção de risco é contrária a essa objetividade à medida que entende a estimativa de risco num contexto de incertezas e ambiguidades, sendo permeadas por pressupostos morais e sociais advindos das experiências da comunidade (THIELEN et al., 2008).

Nesse contexto, a percepção de risco relaciona-se, de forma subjetiva, ao grau de ameaça potencial de determinado evento, envolvendo uma fonte de risco, uma dimensão de incerteza e uma avaliação do valor das perdas potenciais. Para Cavalcante e Franco (2010) essa análise depende de “uma multiplicidade de fatores, como do contexto e da inserção da pessoa em um determinado evento, da função ocupada em determinado espaço social, dos aspectos culturais, da personalidade, da história de vida, das características pessoais e da pressão e/ou demandas do ambiente”.

Entretanto, é preciso levar em consideração que a tendência é que as pessoas possam reagir de maneiras diferentes frente aos perigos a que estão ou são expostas. A este fenômeno associam-se tanto a estimativa pessoal das decorrências de um determinado evento danoso, quanto o sentimento de controle quanto a ele (WOLPERT, 1996). Diante disso, o estudo de percepção de risco deve partir da interpretação dos agentes envolvidos e basear-se mais nas próprias crenças e convicções destes, do que em fatos e dados empíricos. Posto isso, pontua-se que o indivíduo quando exposto ao risco pode ser indiferente a ele, propenso a ele ou averso a ele.

No mais, Peres et al. (2005) ainda pontua experiência, informação e “background” cultural como a tríade indissociável de determinantes da base de sustentação da percepção de riscos, além de outros fatores, tais como o grau de escolaridade e a especificidade de tarefas realizadas. Assim, a construção dessas percepções vai além do uso de ferramentas analíticas,

tendo enfoque no processo de entendimento do indivíduo diante do perigo e sua experiência com este.

Nisso, o risco de seca pode ser definido como a capacidade deste evento acontecer. Em geral, os níveis de risco de um evento são relacionados com as diferentes perspectivas atribuídas a ele. Desta forma, situações que possam parecer de alto risco para uma pessoa ou organização podem ser consideradas de baixo risco para outras.

Partindo desses conceitos, a aplicação da análise de percepção constitui um campo de interesse na tomada de decisões, em especial para as interfaces ambientais, de saúde e de sustentabilidade. A exemplo disso, Brody et al. (2008), em análise das percepções dos riscos associados às alterações climáticas, evidenciam a importância do foco no lugar e na proximidade no que tange a reação do indivíduo e sua sensibilização aos sinais de riscos.

A bibliografia apresenta experiências de uso da percepção e compreensão da seca por agricultores para a formulação de estratégias de enfrentamento e políticas adaptativas, tais como as discutidas em Hou et al., 2017; Ashaf e Routray, 2013; Urquijo e Stefano, 2015, Iqbal et al., 2018; Bahta et al., 2016; Woudenberg et al., 2008.

Tratando-se dos estudos de percepção de risco atrelados a seca, Saarinen (1966), na Austrália, e Heathcote (1969) e Taylor et al. (1988), nos Estados Unidos, foram os pioneiros na temática, nesses países outros pesquisadores também mostraram significativas contribuições (RAPHAEL et al. 2009; SHERVAL; ASKEW 2012; HIGGINBOTHAM et al. 2014; WOUDEBERG et al. 2008; KNUTSON et al. 2011). Na África cita-se os estudos de Slegers, 2008; Patt e Schröter 2008; Noemdoe et al. 2006; já na Ásia, por exemplo Habiba et al. 2012; Mehta 2001 foram decisivos no processo; no mais, na Espanha, Morales Gil et al. (2000) analisaram a percepção de seca pela sociedade espanhola, enquanto Ortega-Reig et al. (2014) e Urquijo e Stefano (2015) estudaram a percepção da seca dos agricultores no processo de decisão e gestão da seca. Todos esses estudos analisam as diferenças na percepção seca dentro de determinados grupos de usuários de água, variando os usos, locais geográficos ou até diferentes métodos de cultivo, no caso dos agricultores.

Bahta (2016) registra o uso dos métodos de percepção de risco, a saber, a partir da coleta de entrevistas face a face em províncias da África do Sul afetadas pela seca, com o objetivo de avaliar os agricultores em relação à percepção da seca agrícola, acerca de uma visão sobre a vulnerabilidade à seca para suas operações agrícolas, o papel do governo, o stress e a sua segurança e proteção hídrica. Os resultados da pesquisa puderam compor processos de decisões na formulação de intervenções políticas adequadas para preparar os agricultores contra

os perigos da seca, uma vez que a desequilíbrio nesse sistema pode comprometer a segurança alimentar, à sobrevivência humana e os padrões de vida dos agricultores.

Pensando na gerência de conflitos por recursos hídricos e na gestão adaptativa, Iqbal (2018) analisa a percepção dos agricultores diante dos impactos socioeconômicos e ambientais da escassez hídrica, pontuando as técnicas locais de adaptação instauradas pelos próprios irrigantes e levantando as questões sociais, econômicas, ambientais e políticas atreladas ao desastre da seca. Pontua ainda a integração dos fluxos dos rios e técnicas de captação de água mais eficientes como uma estratégia de mitigação de seca mais apropriada e segura.

Assim, construir paradigmas de adaptação às secas pautados numa gestão adaptativa mais eficiente e que incluam no seu processo construtivo a compreensão dos agentes envolvidos e a sua percepção diante do risco, significa a construção de respostas mais efetivas e de maior alcance, sendo, portanto, soluções mais palpáveis no que se refere à escassez hídrica.

3.3 Adaptação às Secas

Conforme Bueno (1998) adaptar significa ajustar uma coisa à outra, moldar e/ou aproveitar. O conceito de adaptação perpassa pelos diversos setores adequando-se as proporções conceituais do mesmo. O termo é debatido desde o século XVIII, quando estruturalistas e fundamentalistas passaram a utilizar o termo “adaptação” na tentativa de explicar a origem das espécies nas teorias de seleção natural, derivadas a partir das proposições de Darwin em 1859. Tratava-se da adaptação movida por um processo de mudança genética.

À frente, o significado de adaptação ganha novas conotações e passa a ser empregado em diversas áreas do conhecimento. Para tanto, aplicando esse conhecimento para a temática de risco climático, Adger (2004), define capacidade de adaptação como a “propriedade de um sistema ajustar as suas características ou o seu comportamento, a fim de expandir sua maneira de enfrentar a variabilidade climática existente, ou as condições climáticas futuras”.

No contexto das alterações climáticas, a adaptação é um conceito um tanto recente. No que tange as negociações frente a problemática hídrica, a adaptação é mencionada tanto na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC), em 1992, como no Protocolo de Quioto, em 1997, porém a ênfase na temática veio a ser acentuado apenas em 2001, com a Sétima Conferência das Partes (COP7), em Marraquexe (OCDE, 2011)

Nesse sentido, Cysne (2012) destaca que a gestão de riscos de desastres deve incluir tanto o conceito de enfrentamento (*coping*) quanto de adaptação, sendo fundamental a compreensão desses conceitos para promoção da adaptação às secas, e requerendo ainda o envolvimento dos diversos setores interessados, assim como um entendimento das vulnerabilidades existentes entre os indivíduos e o meio em que estão inseridos.

Os sistemas de recursos hídricos são marcados pela relação sociedade-natureza. Assim, segundo Folke et al. (2004), eles apresentam três características essenciais em sua evolução: adaptabilidade, resiliência e transformabilidade.

O primeiro parâmetro, adaptabilidade, foi inserido a priori a partir da ecologia cultural nos estudos de sistemas sociais, com o objetivo de explicar a relação entre uma estrutura dinâmica (sistema) com o seu ambiente (YOUNG et al., 2006). É nesse contexto que Walker et al., (2004) define a adaptação como um processo de mudança estrutural em um sistema se comportando como resposta a perturbações externas. Deixando sob responsabilidade da adaptabilidade a capacidade dos componentes sociais do sistema sócio ecológico influenciarem e gerirem a resiliência do mesmo.

O segundo parâmetro, resiliência, foi originalmente empregado na física, no século XIX, no intuito de descrever a capacidade dos materiais em retornar ao estado de equilíbrio, após sofrer uma perturbação (FOLKE, 2006). Em seu estudo, Walker et al., (2006) discorre a respeito da resiliência do sistema, propondo quatro aspectos de avaliação: (i) latitude, compreende quanto o sistema pode ser alterado antes de perder sua habilidade recuperativa; (ii) resistência, trata da facilidade ou dificuldade em mudar o sistema, relacionado a profundidade deste; (iii) precariedade, relativo ao quão perto o estado do sistema está se encontra de um limiar, indicando o senso de urgência de mudança; e (iv) panarquia, referente aos ciclos adaptativos de retroalimentação através das escalas. As teorias de resiliência perpassam pelo conceito de memória institucional e social, onde sua formação depende do acúmulo das experiências sobre estratégias passadas da gestão de recursos e as normas de uso utilizadas (CYSNE, 2012). Assim, as informações advindas das esferas científicas, política e econômica podem ser agregadas ao saber baseado nas experiências dos usuários.

Portanto, ser resiliente nos sistemas sócioecológicos compreende, a priori, aprender a conviver com as incertezas associadas às mudanças contínuas e inesperadas, como também manter certo nível de diversidade nos sistemas ecológicos e sociais (FOLKE et al., 2005). É nesse contexto que está inserida a governança adaptativa juntamente com as políticas e estratégias de gerenciamento de recursos naturais.

No mais, a transformabilidade se refere a compreender a capacidade de criar um sistema novo, partindo do pressuposto que os sistemas ecológicos, econômicos ou sociais (incluindo políticas) existentes encontram-se insustentáveis (WALKER et al., 2004). De maneira geral, este parâmetro refere-se à alteração da natureza de um sistema.

Assim, sabendo que a capacidade adaptativa está relacionada à resiliência do sistema e a sua vulnerabilidade em situações de risco, entender a conjuntura dessas vertentes e sua participação no processo evolutivo dos sistemas de recursos hídricos é imprescindível à ampliação da capacidade adaptativa dos sistemas, como também à redução da vulnerabilidade destes.

Dessa forma, a adaptação dos recursos hídricos às perturbações dos sistemas deve compreender a inserção de uma gestão adaptativa e participativa, posto que esta reconhece que as políticas devem satisfazer objetivos sociais, como também estarem disponíveis a serem continuamente modificadas e flexíveis sendo capazes de se adaptarem aos imprevistos (GUNDERSON, 1999).

No entanto, as pautas científicas ainda apresentam grande carência acerca dos contextos de vulnerabilidade e de resposta aos riscos e impactos, apresentando teor amplamente teórico. Foi somente em meados da década de 2000 que algumas linhas de pesquisa científica, em especial aliadas a gestão e a recursos naturais, passaram a entender a necessidade do processo de adaptação inserido numa política cujas ações, interesses, pessoas e recursos fossem voltadas ao processo adaptativo (SMIT; WANDEL, 2006; LINDOSO, 2013).

É fato que, entre os vários tipos de eventos climáticos extremos impulsionados pelas alterações climáticas, a seca tornou-se uma preocupação mundial (SHEFFIELD et al., 2012).

Partindo desse pressuposto, a governança adaptativa emerge como o conjunto de decisões, atores, processos, estrutura e mecanismos institucionais que determinam ajustes nos sistemas sócioecológicos tendo em vista torna-los mais resilientes ou menos vulneráveis a estímulos climáticos (MOSER, 2009; GUNDERSON et al., 2008).

Dentre os diversos setores usuários de água, a irrigação é o mais sensível às secas, uma vez que a redução da umidade do solo é um fator predecessor a própria seca. Dessa forma, as culturas começam a sentir os efeitos da seca antes mesmo dela se anunciar para os outros setores. Além disso, a demanda hídrica das culturas não depende apenas da influência das variáveis meteorológicas, como chuva e temperatura, mas também de variáveis operacionais dos sistemas de produção, sejam elas atreladas à composição de culturas ou ao nível tecnológico adotado para os sistemas de irrigação (MAIA et al., 2016).

Assim o desenvolvimento científico e a avaliação de estratégias de adaptação às secas mostram-se indispensáveis à qualidade de vida dos produtores, a economia nacional e a produção de alimentos. Esse saber pode ser incorporado pela identificação dos pontos críticos a serem monitorados e priorizados na tomada de decisões estratégicas, além das análises de sensibilidade e vulnerabilidade dos usuários desse sistema.

Em consonância com Smit et al. (2000) e o IPCC (2001) a adaptação agrícola às estiagens consiste em uma série de ajustamentos dos sistemas agrícolas em resposta a estímulos e condições reais e/ou antecipados, climáticos e não climáticos, de modo a evitar ou atenuar os riscos associados. Assim, a escassez hídrica tem exigido a promoção de estratégias adaptativas em termos de mecanização, inovação tecnológica e práticas sustentáveis com enfoque na capacidade produtiva das áreas irrigadas.

Akinnagbe e Irohibe (2014) enumeram algumas das táticas aplicadas ao manejo das culturas, desenvolvidas em vários países do continente africano para lidar com a seca, tais como: plantação de variedades de culturas resistentes à seca- na Nigéria, Senegal, Burkina Faso e Gana; Diversificação de culturas – na África do sul, Sudão e Tanzânia; Mudança no padrão de cultivo e calendário de plantio – em Camarões, Guiné Equatorial e República Centro-africana; Colheita mista – na Tanzânia, Egito, Quênia e Senegal; Melhoria na eficiência de irrigação - no Egito, Quênia, África do Sul, Gâmbia e Sudão; adoção de medidas de conservação do solo que conservam a umidade do solo – tais como em Burkina Faso, Quênia, Senegal e Níger; e Plantio de árvores (florestamento).

No Paquistão, país de economia majoritariamente dominada pela agricultura, onde dois terços da população vive na área rural e de práticas agrícolas, o stress climático afeta de forma significativa a produção de culturas, afetando diretamente a segurança alimentar e a economia do país. Segundo Ali e Erenstein (2017) o país tem adotado práticas que envolvem desde alterações nas datas de plantio, fertilizantes utilizados, irrigação, raça planta, a outros aspectos do manejo da cultura e do processo de cultivo.

Na bacia superior Bhima, localizada no Estado de Maharashtra, na Índia, os agricultores iniciaram a adoção de diversas práticas autônomas no intuito de mitigar os impactos da seca sobre a agricultura. Udmale (2014) aponta algumas dessas grandes adaptações, tais como a mudança do calendário de culturas, utilizando culturas de baixo consumo de água, sem sementeira, adoção de melhores práticas de irrigação, de recolha de água e redução do desperdício de água durante a seca, além do uso de práticas de aspersão e de irrigação por gotejamento, levando em consideração a influência da disponibilidade de água para irrigação, o tamanho da propriedade e renda dos agricultores. Ademais, citam-se medidas

administrativas e políticas tomadas pelo governo, que incluíram a provisão de emprego, fornecimento de água potável e o fornecimento de empréstimos agrícolas com baixas taxas de juros, esquemas de seguro de colheitas, e renúncia de contas de energia elétrica, dependendo da intensidade da seca (UDMALE, 2014). Na Índia, aponta-se como desafio a implantação dessas medidas a falta de sensibilização e de informação sobre as medidas de mitigação administrativas cedidas à classe produtora.

No Nepal Ocidental as comunidades rurais, movidas pela necessidade e baseada nos seus próprios conhecimentos, iniciaram a promoção de práticas climáticas agrícolas inteligentes, diversificação de culturas e práticas agroflorestais (ADHIKARI, 2018). Acerca dessas práticas, Adhikari (2018) cita a adesão de culturas menos sensíveis às chuvas incertas, tais como gengibre, açafrão, e de amendoim, como também a integração agroflorestal, a promoção de culturas mistas, a mudança de variedades de culturas, mudança de época, aumento do uso de esterco de quintal, agricultura orgânica, substituição de colheitas fracassadas, uso de biopesticidas, criação de campos de pousio e promoção da agricultura de conservação e integração lavoura-pecuária. Somadas ainda a medidas de adaptação estrutural, tais como a instalação de um sistema de alerta precoce para eventos de seca, aproveitamento de águas pluviais, canais de irrigação, tanques de conservação, e tecnologias de conservação do solo de baixo custo.

Nesse contexto de adaptação, é pertinente apresentar as estratégias adotadas e preconizadas por Israel, uma vez que as ações, tecnologias e contribuições à produtividade e ao agronegócio, desenvolvidas nessa economia majoritariamente agrícola, frente a situações de risco climático, são mundialmente reconhecidas. O estado de Israel apresenta um quadro precário de índices pluviométricos, uma vez que grande parte de sua extensão encontra-se dentro do deserto do Negev e as outras localidades sofrem com a ausência de chuvas ou de recursos hídricos, além das condições semiáridas severas. A fim de gerir com eficácia seus recursos escassos, Israel lançou mão do uso de tecnologias inovadoras, instalação e otimização de dutos e canais, implantação da dessalinização, além da competente reciclagem da água, permitindo seu reaproveitamento para aperfeiçoar a produção agrícola, promovendo assim uma gestão de desperdício de água (POSSAROLA; BOHM, 2015).

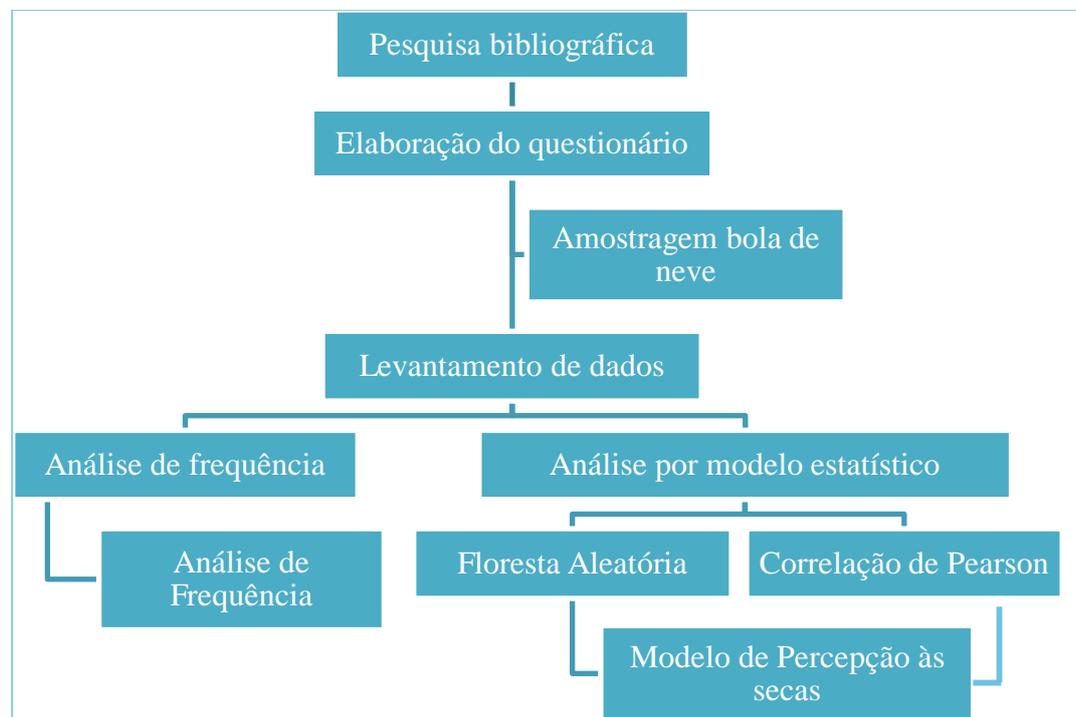
As políticas públicas também se tornaram aliadas ao processo no país, à medida que, de acordo com Rehfeld (2017) o governo instituiu um plano ambicioso de infraestrutura hídrica, possibilitando a criação de novos assentamentos agrícolas na região semiárida do país. Essa política foi firmada em quatro pilares (TAL et al., 2012): i) a tática de gestão estratégica de recursos hídricos, que permitiu o cultivo em regiões áridas e semiáridas; ii) desenvolvimento

agrícola em regiões desérticas e promoção de práticas de conservação dos solos; iii) um programa agressivo de florestamento; iv) controle e punição de pecuária excessiva.

4 METODOLOGIA

Para desenvolver o estudo, inicialmente, realizou-se uma detalhada pesquisa bibliográfica, bem como a elaboração de um questionário a ser aplicado aos irrigantes, tomando-a por base. Ademais, prosseguiu-se com o levantamento de dados, utilizando a amostragem do tipo bola de neve. O levantamento permitiu duas análises - a análise de frequência, de caráter qualitativo e a análise por modelo estatístico, cujo caráter é predominantemente quantitativo. Cada análise foi decisória para um tipo de metodologia aplicada, a análise de frequência permitiu inferências por análise de tabelas de frequência, enquanto que, a análise por modelo estatístico utilizou duas técnicas, uma de aprendizagem de máquina e uma medida estatística descritiva, para propor o modelo de Percepção às secas. Essas etapas estão associadas conforme a Figura 2.

Figura 2- Fluxograma metodológico.



Fonte: autor (2019).

4.1 Levantamento de dados

A pesquisa perpassa por duas vertentes, a saber, a vertente subjetiva, a partir da análise de adaptabilidade dos protagonistas do processo, e a esfera técnica, partindo da

caracterização da seca e identificação das estratégias de adaptação, além da seleção das variáveis de maior influência na percepção dos irrigantes do perímetro Tabuleiro de Russas.

Em consonância com Minayo (1994), o ciclo da pesquisa é composto de três momentos: a fase exploratória da pesquisa, trabalho de campo e o tratamento do material.

A priori, a fase exploratória do estudo se deu através de uma pesquisa qualitativa tendo os agricultores como atores principais do sistema. Esta objetivou compreender a adaptabilidade e resiliência dessa classe em relação aos cenários de seca, além da dimensão dos impactos desse cenário na vida do irrigante, assim como sua percepção frente ao problema. Além disso buscou analisar o grau de satisfação destes em relação às políticas de redução de impactos às secas implementadas pelo governo.

A pesquisa foi realizada por meio da aplicação de questionários semiestruturados e entrevistas face-a-face com os mentores do processo.

Durante a realização da pesquisa algumas questões foram pautadas de forma bem imediata, enquanto outras discussões surgiram no decorrer do trabalho de campo, assim como a necessidade de adaptação ao cenário de evasão e abandono dos lotes. À medida que se colheram os depoimentos, foram levantadas e organizadas as informações relativas ao objeto da investigação. Nesse processo, avaliar a postura do entrevistado, desde o nível de participação às expressões corporais, foi essencial às inferências realizadas.

A quantidade de questionários aplicados foi limitada por alguns aspectos como a grande distância entre os lotes e a quantidade de lotes inativos e de difícil acesso, sendo portanto aplicado às famílias que se dispuseram a participar da pesquisa. Em virtude disso, o processo da coleta de dados passou por uma adaptação de estratégias, entre elas reduzir o número de entrevistas previsto e alocar os pontos entrevistados de maneira a reduzir a homogeneização dos dados, apesar do considerável deslocamento entre os lotes ativos.

Para a definição da amostragem utilizou-se a técnica da amostragem bola de neve, em especial devido ao caráter descritivo da pesquisa, pois essa metodologia permite explorar o subjetivo e pessoal do entrevistado diante de suas experiências (SILVA, 2009). Essa técnica trabalha com o sistema de indicação, onde cada entrevistado indica o próximo a ser interrogado. Tendo em vista que a área de estudo abrange muitos lotes abandonados, essa técnica permitiu maior alcance aos setores em operação.

A composição dos questionários e roteiro das entrevistas foi elaborado tomando por base os estudos de UDMALE et al. (2014) e Cunha et al. (2012), que abordam as relações sociais e políticas aliadas as implicações da seca e as estratégias de adaptação associadas ao setor agrícola.

4.2 Análise estatística de dados

Os questionários (APÊNDICE A) – instrumentos de pesquisa utilizados nesse estudo - foram divididos em três seções. A primeira seção continha questões relativas aos dados gerais e perfis dos entrevistados e seus respectivos lotes. De forma a manter a integridade e a privacidade dos entrevistados, os lotes selecionados através do modelo “bola de neve” foram enumerados de Lote1 a Lote30.

A segunda etapa estava relacionada a avaliação da seca pelos irrigantes, nesta as questões perceptivas e a identificação das estratégias de resiliência traçadas pela comunidade fomentaram a pesquisa. Na terceira parte foram colhidas as informações e opiniões dos agricultores em relação ao nível de satisfação com as políticas públicas de mitigação de secas e seu nível de participação com o tema.

Segundo as orientações de Gil, 1999, a pesquisa foi estruturada da seguinte forma:

- a) estabelecimento de categorias;
- b) codificação;
- c) tabulação;
- d) análise estatística dos dados;
- e) avaliação das generalizações obtidas com os dados;
- f) inferência de relações causais, e;
- g) interpretação dos dados.

No caso em análise, as perguntas do questionário continham respostas abertas e fechadas – dicotômica, múltipla escolha e escalonadas. As respostas foram codificadas de 0 a 9 de acordo com o perfil da pergunta e tabuladas em uma planilha semiestruturada.

Os dados foram processados e analisados estatisticamente utilizando técnicas da estatística descritiva e inferência estatística, com auxílio das ferramentas do Microsoft Office Excel. Medidas de posição e medidas de dispersão também foram adotadas para realização das análises obtidas nas tabelas de frequência.

Ademais, a análise qualitativa dos dados foi amplamente usada no tocante as informações adquiridas em campo e de maneira informal com os entrevistados, necessitando do uso do empirismo do pesquisador para avaliar as informações coletadas e fornecer uma análise mais imparcial possível, tendo em vista a importância da vivência e experiência adquirida em campo por este.

4.3 Seleção e avaliação das variáveis explicativas da percepção às secas

A compreensão da percepção dos irrigantes às secas norteou essa etapa da pesquisa. Logo, tratando a percepção com uma variável que depende de uma série de fatores para ser interpretada, enxergou-se que ela é cercada por uma série de variáveis independentes, e que a junção destas é capaz de tornar sua avaliação mais incisiva.

A princípio, as questões foram selecionadas de acordo com os parâmetros de decisão encontrados na literatura. Assim, fazendo uso de questionamentos existentes, elegeram-se as variáveis a serem analisadas.

As técnicas adotadas para a classificação das variáveis que explicam a percepção às secas foram a Floresta Aleatória, uma técnica de aprendizado de máquina, e a Correlação de Pearson, uma medida estatística descritiva. Essas técnicas foram aplicadas por meio do pacote R “Random Forest” e do pacote “Corrplot” da biblioteca do software RStudio.

A Random Forest (RF) ou Floresta Aleatória, fundamentada no algoritmo clássico de Breiman, é um método preditivo incorporado, que executa a seleção de variáveis como parte de seu processo de aprendizado. Introduzido na literatura por Breiman (2001), o método do RF é um algoritmo popular de aprendizado de máquina que se baseia na combinação de muitos modelos de classificação e regressão em árvore (CART) treinados com agregação de bootstrapping (ensacamento). Finalmente, o resultado combinado de muitas árvores de decisão (florestas) é utilizado para previsão final (CARVALHO, 2019).

A metodologia da RF é reconhecida pela sua aleatoriedade na criação das árvores e alto nível de acurácia, além de poucos hiperparâmetros. Assim, em cada nó da árvore de decisão, o modelo escolhe a melhor divisão de um subconjunto aleatório de variáveis de previsão. A escolha é realizada através de consecutivos treinos e testes, realizados de tal maneira que permitam a previsão mais fiel possível dos resultados. A importância de cada variável preditora é dita a partir da permuta aleatória das observações, portanto, se um preditor é importante para o modelo, a atribuição aleatória de outros valores para essa variável deve ter uma influência negativa na previsão. Assim, os preditores são taxados por fracos ou fortes dependendo da taxa de erro obtida pelo classificador: alta taxa de erro para preditores fracos e baixa taxa de erros para os preditores fortes.

Assim, a previsão final para a variável dependente é gerada a partir de um conjunto de observações e classificação dos testes aleatórios gerados com as observações das variáveis explicativas, conforme Figura 3.

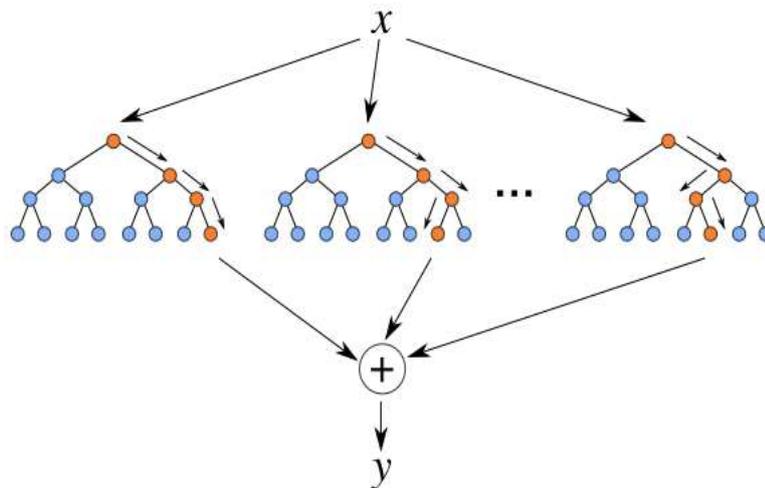
No mais, o início do conjunto de treinamento para cada árvore, é marcado pela redução de cerca de um terço das observações para avaliação do desempenho, a amostra pronta para uso: Out-of-Bag (OOB). Assim, a amostra OOB é utilizada para obter uma estimativa imparcial do erro de previsão e para estimativa da importância das variáveis (GENUER; POGGI; TULEAU-MALOT, 2010).

Logo, para cada variável, o algoritmo realiza as seguintes funções:

- i. Calcula Out-of-Bag (oob) Error;
- ii. Permuta aleatoriamente os valores da variável nos conjuntos oob;
- iii. Recalcula o erro oob;
- iv. Compara o impacto no erro.

As variáveis preditivas utilizadas como dados de entrada do modelo foram escolhidas com base nas discussões apresentadas na literatura científica acerca da compreensão às secas (ver URQUIJO; STEFANO, 2015; BAHTA, 2016; UDMALE et al.,2014; CUNHA et al.,2012).

Figura 3- Metodologia utilizada no RF.



Fonte: autor (2019).

O objetivo da metodologia adotada consiste em avaliar a importância de cada variável. Portanto, é relevante compreender as medidas de importância pautadas no método utilizado. Uma dessas medidas, segundo Cutler (2007), é a diferença entre a média do erro (taxa de classificação incorreta para classificação e erro quadrático médio (MSE) para regressão) divididos pelo erro padrão. E outra medida é o aumento da pureza de cada nó, referente à função

de perda escolhida. Logo, quanto mais útil é a variável, maior é o aumento da pureza do nó (CARVALHO, 2019).

Uma medida ainda mais robusta para esse método é o aumento no MSE (IncMSE). Quanto mais alto os valores de IncMSE mais importante é a variável. Assim, a partir das predições OOB de todas as árvores na floresta, calcula-se o erro quadrado médio (MSE_{OOB}), conforme Liaw & Wiener (2002), pela equação 1:

$$MSE_{OOB} = n^{-1} \sum_{i=1}^n \{y_i - \hat{y}_i^{oob}\}^2 \quad (1)$$

Onde, y_i corresponde ao valor medido da variável e \hat{y}_i^{oob} é a média das previsões OOB para a i -ésima observação. O IncMSE foi tomado como medida de importância variável representando a classificação de RF. Além dele adotou-se as medianas das importâncias como medida classificatória para as variáveis. Essa medida foi utilizada em virtude dos consecutivos conjuntos diferentes de treinos e testes utilizados, logo, seu uso buscou evitar um resultado tendencioso. Vale salientar que os conjuntos de treinos e testes foram selecionados de forma aleatória no processo de aprendizagem da máquina.

Além da avaliação das variáveis por suas importâncias no método do RF, tomou-se ainda a avaliação destas por Correlação de Pearson, usando a biblioteca de correlações do RStudio (Packages Corrplot). Os Coeficientes da Correlação de Pearson (CCP) podem variar de +1 a -1 (Equação 2). O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Logo, quanto mais próximo seu valor estiver de 1, mais forte será a correlação linear positiva e quanto mais próxima de -1, mais forte será a correlação linear negativa. Já um CCP de 0 significa que não há correlação. Permitindo então inferir sobre a direção e a magnitude entre a variável percepção e as variáveis independentes.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

A análise dos resultados das duas metodologias foi relacionada para a seleção das variáveis explicativas a serem utilizadas no modelo preditivo de percepção às secas.

4.4 Modelo Preditivo de Percepção às secas

A partir da seleção do subconjunto de variáveis explicativas avaliadas pelos métodos do Random Forest e da Correlação de Pearson, aplicou-se novamente a linguagem de máquina para obtenção de um modelo preditivo de percepção às secas.

Levando em consideração a existência de um conjunto de variáveis a serem analisadas, optou-se pelo modelo de regressão linear múltipla. Essa consiste em uma técnica multivariada cuja finalidade principal é obter uma relação matemática entre a variável estudada (variável dependente ou resposta) e o restante das variáveis que descrevem o sistema (variáveis independentes ou explicativas), reduzindo um grande número de variáveis para poucas dimensões com o mínimo de perda de informação, promovendo assim a detecção dos principais padrões de similaridade, associação e correlação entre as variáveis (SASSI et al., 2012).

A problemática compreende avaliar a relação de uma variável de interesse Y (variável dependente ou variável resposta) em relação a n variáveis X_i (variáveis independentes), sendo $i = 1, 2, \dots, n$. Admitindo-se Y como uma função linear dos x 's:

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n + \varepsilon_1 \quad (3)$$

Em que, n é o número de indivíduos; Y_i é a observação da variável dependente para o i -ésimo indivíduo; $X_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ é um vetor de observações das variáveis independentes para o i -ésimo indivíduo; $\alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ corresponde a um vetor de coeficientes de regressão (parâmetros); e ε_1 é um componente de erro aleatório.

Para a estimativa dos coeficientes de regressão e parâmetros do modelo, a solução de ajuste de reta pode ser generalizada a um conjunto de pontos pelo método dos mínimos quadrados (MMQ). Este método consiste em minimizar a soma dos quadrados dos desvios (Equação 4).

O objetivo do MMQ é estimar os parâmetros, $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ de modo que os desvios (ε) entre os valores observados e estimados sejam mínimos. Isso equivale a minimizar o comprimento do vetor de erros, ou o erro quadrático total ($\sum \varepsilon_1^2$).

$$S(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \sum_{i=1}^n (\varepsilon_1)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \alpha_0 - \alpha_1 x_1 - \alpha_2 x_2 - \dots - \alpha_n x_n)^2 \quad (4)$$

Onde $S(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ corresponde ao mínimo da função e pode ser obtido derivando-se em relação aos parâmetros $(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, sendo essa equação igual a zero. Obtêm-se então a Equação 5:

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_0} S(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = -2 * \sum_{i=1}^n (Y_i - \alpha_0 - \alpha_1 x_{1i} - \alpha_2 x_{2i} - \dots - \alpha_n x_{ni})^2 = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_1} S(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = -2 * \sum_{i=1}^n (Y_i - \alpha_0 - \alpha_1 x_{1i} - \alpha_2 x_{2i} - \dots - \alpha_n x_{ni})^2 = 0$$

.

.

.

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_n} S(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = -2 * \sum_{i=1}^n (Y_i - \alpha_0 - \alpha_1 x_{1i} - \alpha_2 x_{2i} - \dots - \alpha_n x_{ni})^2 = 0$$

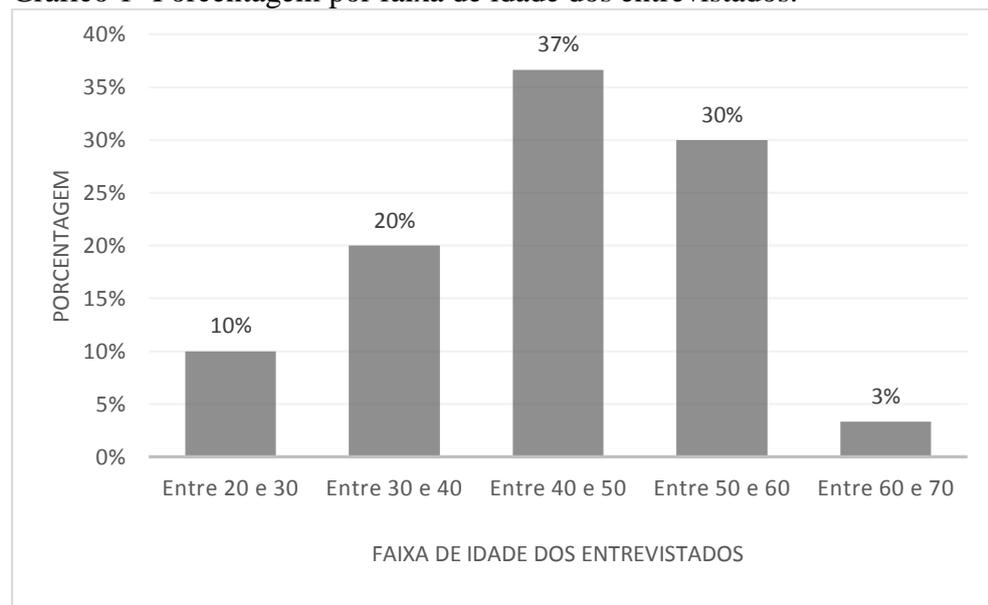
Essa técnica foi adotada por meio da aplicação das funções disponibilizadas pelo software RStudio, integrado para R, uma linguagem e um ambiente de desenvolvimento integrado, para cálculos estatísticos e gráficos. Todas as demais formulações matemáticas resultantes advieram do software, tomando os resultados dos questionários tabulados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização das secas e identificação das estratégias de adaptação

Das aproximadamente 90 famílias existentes, de acordo com o órgão administrador do DISTAR - Distrito de Irrigação do Perímetro Tabuleiro de Russas, a pesquisa contou com a participação de 30 famílias, valor limitado pelos fatores distância entre os lotes e elevada quantidade de lotes inativos. Destes, 80% dos entrevistados eram do sexo masculino, frente a 20% do sexo feminino, com uma média de idade de aproximadamente 45 anos, conforme Gráfico 1. Nessa amostra 67% dos irrigantes identificaram-se como proprietários dos seus respectivos lotes, 30% disseram pertencer a um particular e 3% a uma empresa. Ainda nesse assunto, 77% dos agricultores declararam possuir apenas um lote (8,4 ha), em contrapartida aos 17% que declararam cultivar dois lotes e 7% três lotes.

Gráfico 1- Porcentagem por faixa de idade dos entrevistados.



Fonte: Autor (2019).

Em relação ao perfil dos entrevistados ainda se verificou um baixo nível de escolaridade, apesar da disparidade entre os valores, posto que 53% destes não apresentavam sequer o ensino fundamental completo, enquanto 20% concluíram o ensino superior na área das ciências agrárias. As 30 famílias identificaram de forma unânime a agricultura como principal

atividade de subsistência, embora alguns lotes apresentem resquícios de pecuária. As culturas de goiaba, banana, coco e macaxeira predominaram quase que exclusivamente entre às culturas cultivadas no ano corrente, com ênfase ainda na acerola e mamão, e alguns pequenos cultivos de sorgo, manga, abacate e milho, culturas estas que vem sendo abruptamente reduzidas em virtude da diminuição da oferta d'água.

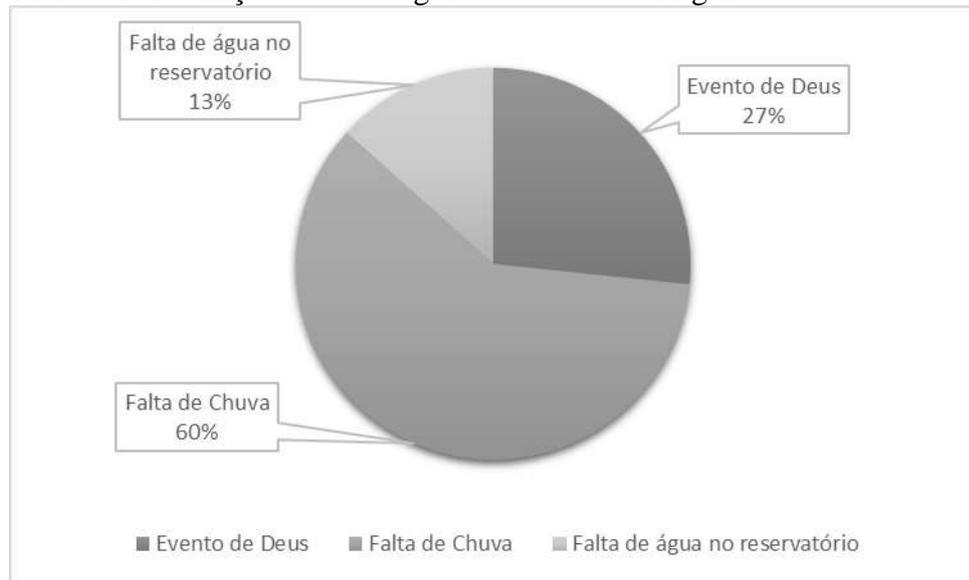
Após traçar o perfil dos irrigantes entrevistados, os dados da segunda etapa do questionário foram utilizados para caracterização e avaliação das secas concernentes a percepção destes, além de um levantamento das consequências e medidas de adaptação adotadas na comunidade para adaptar-se aos tempos de crise hídrica.

A priori, a avaliação questionou os agricultores acerca da definição de seca para estes, as respostas são apresentadas no Gráfico 2, o que permite inferir que a seca, em acordo com 60% dos entrevistados, é caracterizada como falta de chuva, logo, a percepção da maioria destes é que a seca é um fenômeno meteorológico, um tipo de seca que conforme já discutido, é definido em termos das características naturais do clima, estando associada a precipitação escassa local.

No entanto, apesar de não poder se descartar que a escassez da precipitação é um fator preponderante no tocante as secas, para a agricultura irrigada a seca é melhor definida em termos dos fenômenos hidrológicos nos reservatórios de abastecimento. Portanto, a seca hidrológica, ou a falta d'água nos reservatórios, constitui a explicação mais plausível para o fenômeno das secas nos perímetros irrigados, uma vez que os 30 lotes sob estudo identificam o canal do Castanhão como principal fonte de água para irrigação e apenas 2 lotes afirmam utilizar, além do canal, poços artesanais.

Nesse sentido, a seca pode ser avaliada pelo potencial hidráulico fixo e móvel. O potencial hidráulico fixo é aproveitado por meio da agricultura de sequeiro, onde a precipitação é utilizável no local que se deu, a esta seca predomina-se as características das secas meteorológicas, identificadas na opinião dos irrigantes. Este conflito pode estar atrelado a trajetória de sequeiro de grande parte da população advinda dessa técnica, que mesmo adentrando na agricultura irrigada conservou muitos de seus preceitos. Paralelo a isto, o potencial hidráulico móvel é alocado para onde houver demanda, portanto, permite a produção econômica no campo ainda que a precipitação não tenha atingido o perímetro, posto que a água utilizada é canalizada de um reservatório e utilizada o ano inteiro, não apenas nas quadras chuvosas (CAMPOS, 2009). Logo, a definição de seca para os agricultores que fazem uso da agricultura irrigada deve ser pautada em termos da concentração de água no reservatório e de uma infraestrutura hidráulica adequada, tanto no armazenamento quanto na distribuição.

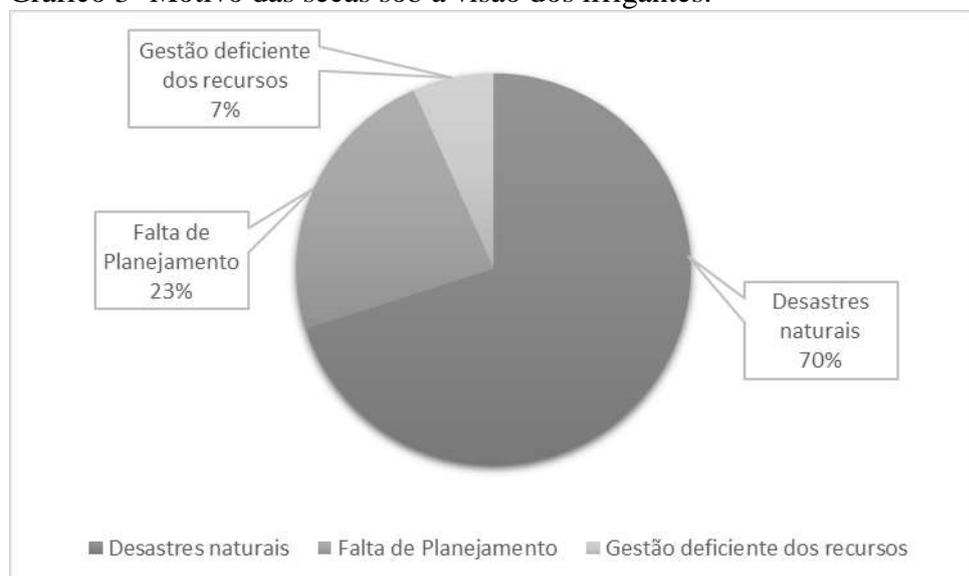
Gráfico 2- Definição de seca segundo a visão dos irrigantes.



Fonte: Autor (2019).

Avaliação semelhante pode ser realizada no Gráfico 3, onde a seca é apontada por 70% dos entrevistados como motivada por desastres naturais, frente a 23% que a entendem como falta de planejamento dos órgãos responsáveis e 7% que aponta a gestão deficiente dos recursos hídricos como principal motivo. Isso por que o fenômeno da seca ainda é intrinsicamente associado à precipitação local, assim os números são coerentes ao entendimento da seca como fenômeno meteorológico. Porém como discutido a seca no cenário da agricultura irrigada refere-se muito mais a questões de planejamento e eficiência do sistema, além da própria precipitação que atinge o volume de acumulação dos reservatórios de distribuição.

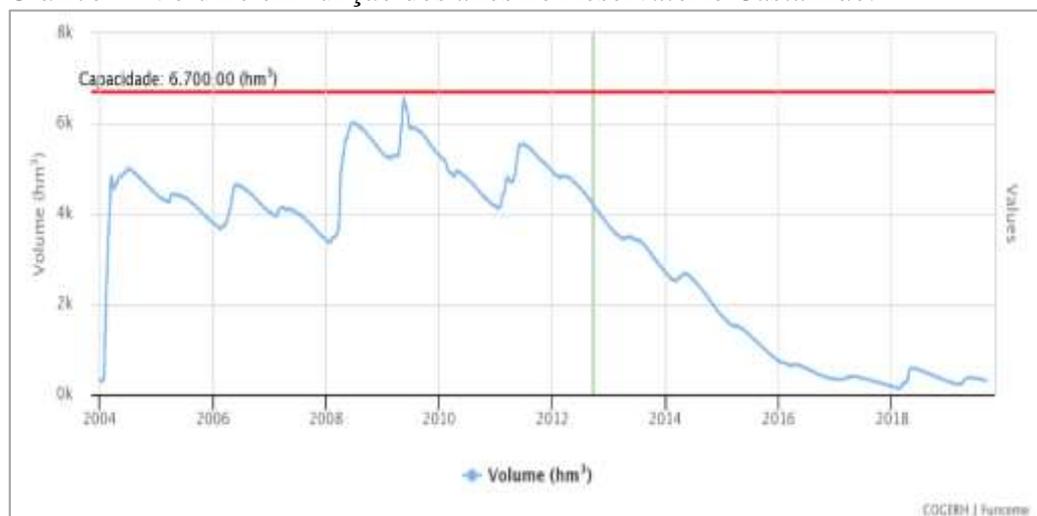
Gráfico 3- Motivo das secas sob a visão dos irrigantes.



Fonte: Autor (2019).

No que se refere ao acúmulo no reservatório, o Gráfico 4 faz referência ao volume de acumulação registrado no reservatório Castanhão em função dos anos, o que é pertinente para se avaliar os impactos da seca hidrológica no perímetro de estudo. Segundo as informações da FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, o ano de 2018 registrou o menor volume acumulado desde 2004 no açude, esses valores impactaram de forma incisiva na quantidade de água disponibilizada no perímetro. Podendo ser comprovado com a redução das cotas de água disponibilizadas pelos órgãos reguladores COGERH e DISTAR no perímetro entre 2012 e 2018. Esses dados comprovam que os anos de 2017 e 2018 foram os mais críticos em relação a quantidade de água disponível para a irrigação, o que implicou em severas mudanças no cenário local, inclusive, conforme relatos em campo, ameaça pelo órgão gestor de cessar por completo toda distribuição.

Gráfico 4- Volume em função dos anos no Reservatório Castanhão.

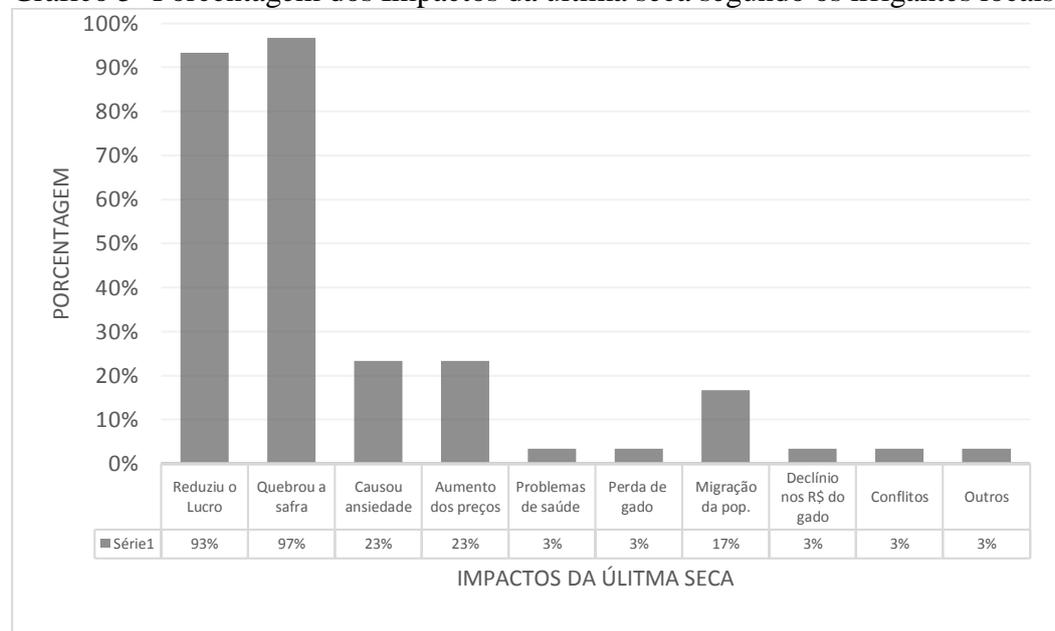


Fonte: Portal Hidrológico do Ceará (2019).

Ademais, foram questionados em relação a duração das secas e as respostas apontaram que para 63% dos entrevistados a seca se entende por um período entre 1 e 3 anos, enquanto que para 23% a duração é de 1 ano e para 10% entre 3 e 5 anos. Em relação a duração das secas é preciso continuar o paralelo entre os tipos de secas, uma vez que esse processo tem início pela seca meteorológica, a qual desencadeia uma série de eventos que resultam em uma seca agrícola e, mais tarde, em função da longa duração do período da seca, torna-se uma seca hidrológica com impactos na afluência para reservatórios e lagos (Fernandes *et al.*, 2009). Portanto, os primeiros anos de seca são oriundos da seca meteorológica, por isso, muitas vezes não são sentidos de imediato pelas atividades dependentes da água acumulada nos reservatórios.

Por conseguinte, o questionamento avaliou os impactos socioeconômicos da última seca para os irrigantes como forma de mensurar as consequências das secas através da percepção dos impactados diretamente pelo fenômeno. Sobre isto o Gráfico 5 aponta que 97% dos agricultores tiveram suas safras quebradas, 93% reduziram seu lucro, alguns inclusive apontaram uma redução de mais de 70% destes, ainda 23% sofreram problemas de ansiedade e/ou sofreram impactos como o aumento dos preços dos alimentos de subsistência e 17% precisaram ou presenciaram a migração da população, entre outros impactos. Durante as visitas alguns dos entrevistados confessaram estar em período de abandono do lote, uma vez que não havia mais condições de mantê-lo mediante a insuficiência em suprir as necessidades hídricas deste e ainda manter um preço de concorrência no mercado. Entre os entrevistados, 20% precisou realocar-se para outras atividades no período de crise hídrica, por não conseguir manter o mínimo para subsistência da casa apenas com a agricultura.

Gráfico 5- Porcentagem dos Impactos da última seca segundo os irrigantes locais¹.



Fonte: Autor (2019).

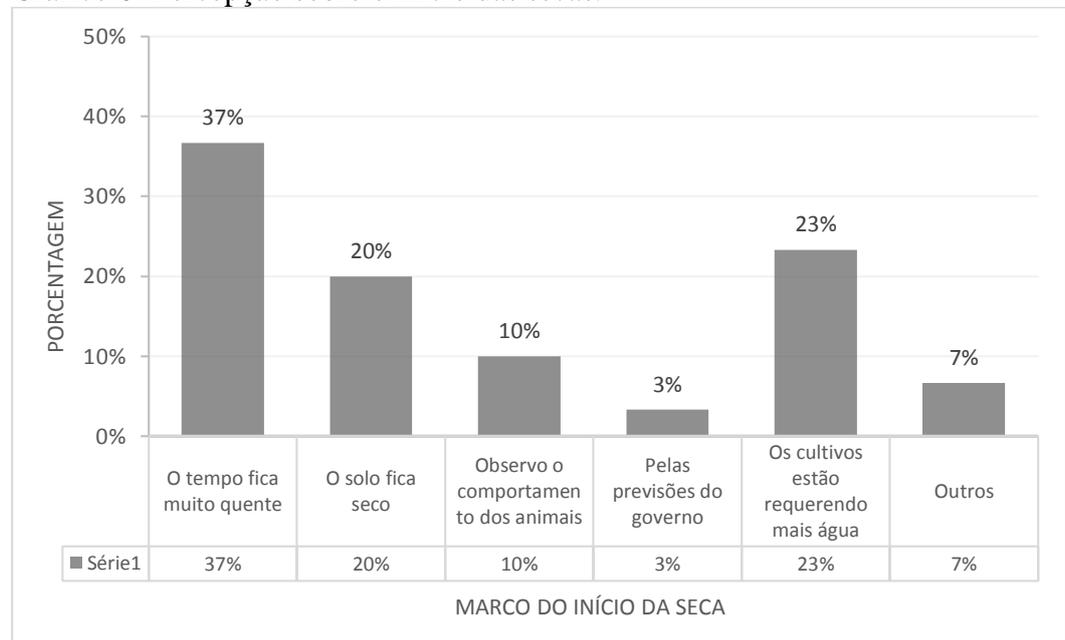
A partir de tais resultados, pode-se inferir que muitos foram os impactos socioeconômicos oriundos do último período de seca, destacando-se o período entre 2010 à 2018. Segundo entrevista com o gerente do perímetro houve uma redução de cerca de 68,7% na renda agrícola média de um agricultor de 2009 para 2019. Esse dado é justificado ainda no Gráfico 5 com a redução abrupta da produtividade local.

¹ No gráfico, o termo migração da pop. corresponde à migração da população.

Nesse sentido, obter informações sobre os impactos da seca anteriores é de fato muito importante para o planejamento de respostas às secas futuras. Assim, comparando os impactos mais graves de seca, a formulação de políticas públicas pode ser planejada de forma a minimizar os impactos mais graves (UDMALE et al., 2014).

Os irrigantes apresentaram uma grande vulnerabilidade ao cenário de secas, uma vez que sua produtividade é diretamente afetada por tal fenômeno. Portanto, a observação em relação ao cenário natural é crucial para a preparação destes aos tempos de crise antes que esta se inicie, influenciando na adoção das medidas adaptativas necessárias a resiliência do lote. O Gráfico 6 aponta que a experiência é indispensável a esse processo, onde 37% dos agricultores partem de observações do próprio aumento na temperatura local, 23% observam o comportamento das culturas e 20% o comportamento do solo, entre outros fenômenos, para iniciarem a preparação para a falta d'água.

Gráfico 6- Percepção sobre o início das secas.

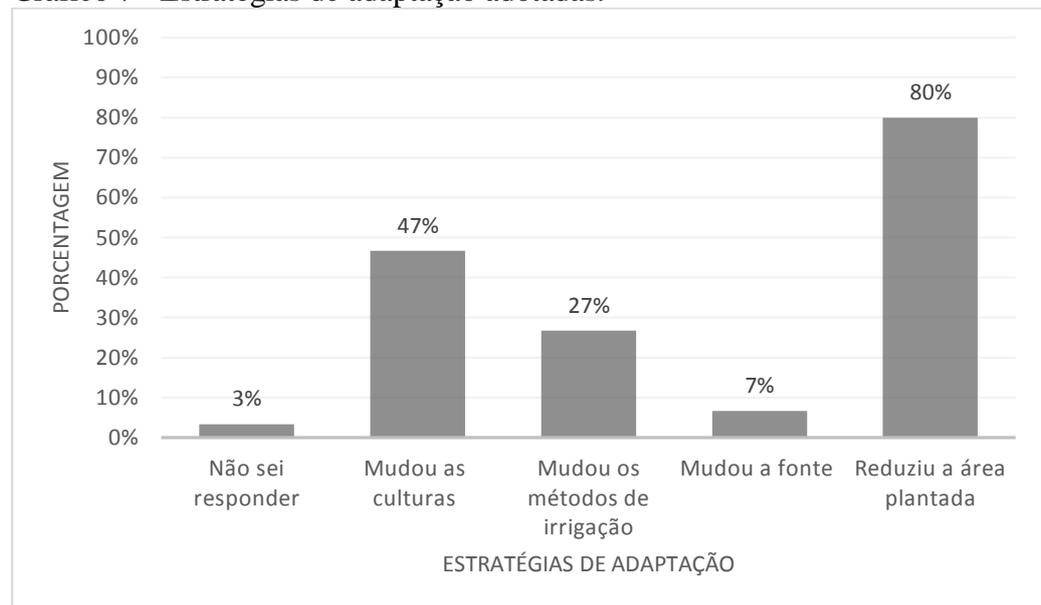


Fonte: Autor (2019).

Foram analisadas ainda as estratégias adotadas pelo perímetro para continuar cultivando durante a seca e a mudança de hábito como forma de resposta a chegada da escassez hídrica. Ao serem indagados sobre a mudança de hábito, prevaleceram as respostas referentes a redução de gastos (redução de culturas, área plantada e funcionários ativos), o aumento no cuidado com o desperdício de água, como mais atenção aos os motores, e até mesmo cuidados com estoque de alimentos ou ração para animais.

O Gráfico 7 salienta que 80% dos entrevistados precisaram reduzir a área plantada, 47% precisaram mudar as culturas cultivadas e 27% modificaram o método de irrigação, prevalecendo o método do gotejamento. Tais medidas apresentam-se como paliativas a cenários críticos, porém os entrevistados se mostraram despreparados e apontaram ineficiência na gestão local em fornecer-lhes qualquer recurso, seja informativo ou técnico para lidar com esses períodos.

Gráfico 7 - Estratégias de adaptação adotadas.



Fonte: Autor (2019).

É indiscutível o quão importante é o estoque de água nos reservatórios e a gestão eficiente destes recursos hídricos para promover a sustentabilidade local dos perímetros irrigados. Nesse contexto, Campos (2009) aponta algumas medidas que devem ser adotadas para amenizar os efeitos das secas hidrológicas que atingem as regiões semiáridas. Aponta-se:

- i. Ampliação da infraestrutura hidráulica;
- ii. Desenvolvimento de mecanismos institucionais e legais para a realocação das águas durante as secas, para garantir a continuidade de atividades geradoras de riquezas;
- iii. Manejo dos sistemas hidráulicos em uma visão multidisciplinar: não se pode perder de vista que a quantidade e a qualidade das águas são indissociáveis — a demanda dá-se por uma certa quantidade de água, em um dado tempo, em um certo local e com um desejado padrão de qualidade;
- iv. Desenvolvimento e incentivo de métodos de irrigação que sejam mais eficientes quanto ao consumo de água;

- v. Utilização dos grandes estoques de águas da região, como o rio São Francisco, compatibilizando as lógicas econômica e social, dando mais celeridade as obras já iniciadas.

5.2 Seleção e avaliação das variáveis explicativas

As variáveis utilizadas como preditivas da percepção às secas estão dispostas no Quadro 1. Para a avaliação, tomou-se a mediana da medida de importância individual das variáveis, medida escolhida levando em consideração que o modelo foi testado para 50 diferentes conjuntos de treinos e testes. A classificação dessa importância, obtida pelo método do RF, pode ser visualizada na Figura 4.

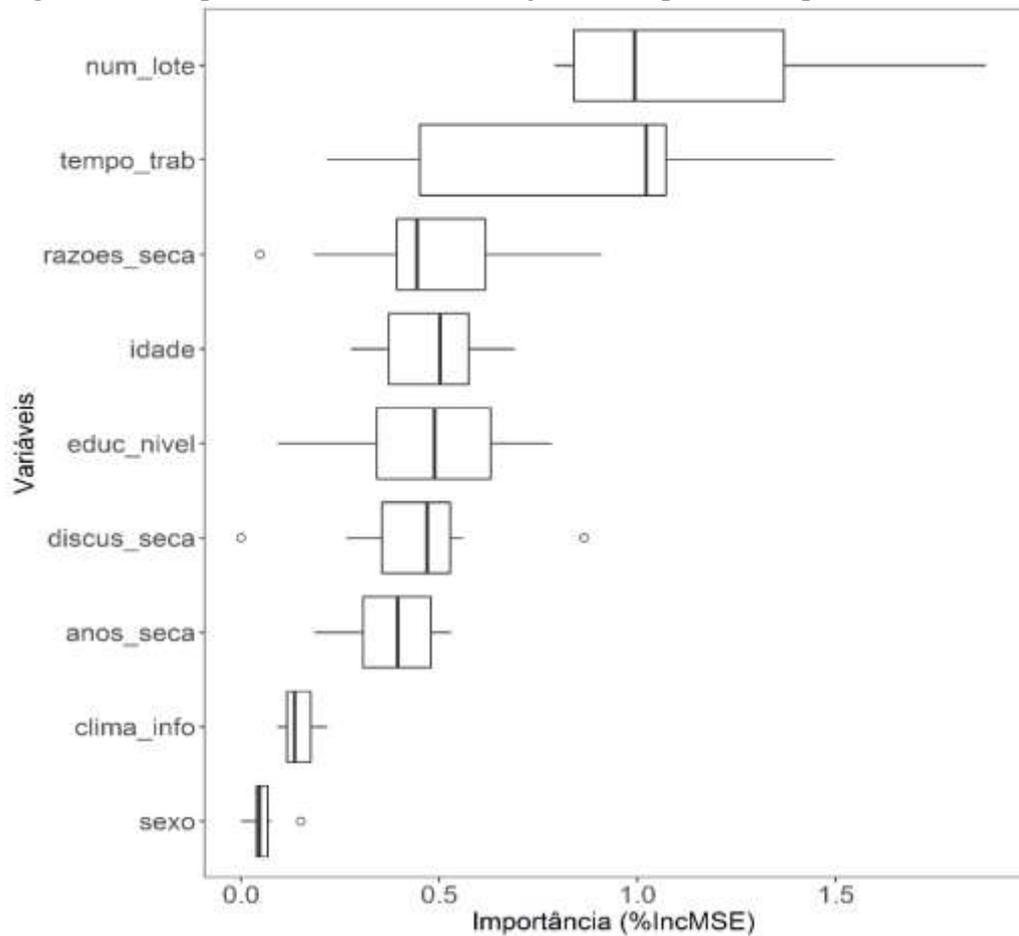
Quadro 1- Descrição das variáveis utilizadas no RF.

Variável	Descrição
Perc	Percepção
Sexo	Sexo do entrevistado
Idade	Idade do entrevistado
tempo_trab	Tempo de trabalho com agricultura
educ_nivel	Nível de escolaridade
num_lote	Número de lotes ativos
anos_seca	Número de secas vividas
razoes_seca	Motivo elencado como o principal para as secas
clima_info	Quantidade de fontes de informação sobre o clima
discus_seca	Participação em grupos de discussão sobre a seca

Fonte: Autor (2019).

O número de lotes ativos pertencentes ao agricultor (num_lote), seguido pelo tempo de trabalho deste na agricultura (tempo_trab) foram enumeradas como as variáveis explicativas mais importantes para a percepção às secas (Figura 4). A opinião acerca do motivo das secas (razoes_seca), assim como a idade do participante (idade) e o nível de escolaridade (educ_nivel) também se mostraram relevantes aos dados. Todas as variáveis mostraram importância positiva na percepção, sendo a variável sexo a de menor relevância sobre os dados.

Figura 4 - Box plot das variáveis em função das importâncias pelo RF.

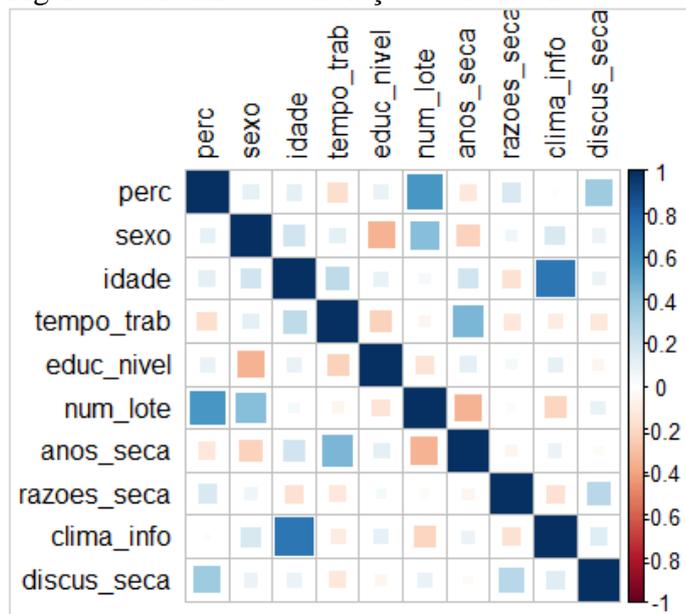


Fonte: Autor (2019).

A Figura 5 exibe a matriz de correlação obtida pelo método da Correlação de Pearson. Entre os resultados obtidos percebe-se maior correlação na variável num_lote (número de lotes ativos) com $r = 0.6$. As menores correlações foram encontradas em tempo_trab (tempo de trabalho com agricultura), anos_seca (número de secas vividas), e clima_info (quantidade de fontes de informação sobre o clima), ($r = -0.17, -0.12, 0.01$, respectivamente), sendo os dois primeiros de correlação negativa com a variável percepção.

Algumas variáveis independentes estão fortemente ou medianamente correlacionadas entre si, como o acesso a informações climáticas e a idade ($r = 0.72$), número de secas vividas e tempo de trabalho com agricultura ($r = 0.46$) e número de lotes e sexo ($r = 0,43$).

Figura 5 - Matriz de Correlação de Pearson.



Fonte: Autor (2019).

A variável sexo, devido sua pequena importância obtida no RF e grande correlação com outra variável existente (num_lote), foi removida do modelo preditivo. Os mesmos critérios são utilizados para retirada da variável clima_info (quantidade de fontes de informação sobre o clima), posto sua correlação alta com a idade, parâmetro com importância muito superior, segundo o RF. Essa correlação implica na redundância de informações e não apresenta ganhos para a percepção.

Analisando a literatura, algumas dessas variáveis são pautadas e discutidas ao nível de percepção. Diversos fatores, como idade, gênero, religião, acesso à educação e meios de comunicação, entre outros, são citados na construção da percepção climática e de risco ao longo da bibliografia (SÁNCHEZ-CORTES; CHAVERO, 2011; JONES; BOYD, 2011; RAO et al, 2011).

Bahta et al. (2016) pontuam a educação como fator muito importante no desenvolvimento de uma comunidade resiliente aos impactos da seca. Para os autores, a falta ou déficit de educação pode ser associado à marginalização e à pobreza, assim quanto menor a escolaridade dos agricultores, maior a probabilidade de serem suscetíveis a impactos da seca. Outra hipótese, elaborado por Lindoso (2013), é que muito jovens possuem um cotidiano cada vez menos conectado com às atividades agropecuárias e mais ligada com os estudos e atividades na zona urbana, o que pode influenciar na sua percepção quanto aos ciclos e tendências ambientais.

Outra variável analisada é o número de lotes ativos de cada agricultor. É certo que, concordando com Udmale et al. (2014), a seca possui diferentes significados para os usuários de acordo com, por exemplo, seu ambiente físico, tipo e grau de envolvimento em atividades agrícolas e nível de impacto no seu bem-estar financeiro. Em seu trabalho, os autores citados verificam que os agricultores com maior retenção de terras, ou mais lotes, mostraram-se mais resilientes e menos vulneráveis aos cenários de seca, adotando medidas como mudança de calendário agrícola e priorizando culturas com baixo consumo de água, práticas menos observadas nos agricultores com propriedades de terra marginais e pequenos. No caso dos entrevistados, as atividades agrícolas em muito se assemelham, distinguindo-se, majoritariamente, as culturas cultivadas e o tamanho dos lotes.

Uma relação entre o tamanho dos lotes pode ser estabelecida com a questão da produtividade do agricultor, uma vez que os dados são tabelados de acordo com o número de lotes ativos, logo, a hipótese é que o maior número de lotes determine produtores de maior porte, conseqüentemente maior poder aquisitivo, e possivelmente mais acesso a novas tecnologias. Essa discussão apresenta elevada pertinência, uma vez que essa variável foi elencada com a de maior importância sob a percepção, pelo método do RF, e também obteve bom nível de significância ($r = 0.6$), pela Correlação de Pearson.

Na percepção do risco de seca, o tempo de experiência na agricultura também apresenta um papel importante e afeta significativamente a recuperação e a expectativa dos irrigantes (ASHRAF; ROUTRAY, 2013). Sendo assim, avaliando a pertinência do parâmetro tomado como o segundo mais importante à percepção, é necessário observar como o cotidiano e a experiência da classe irrigante desempenha fundamental importância tanto na sua concepção de seca, quanto na resiliência e adaptação do usuário aos impactos e ao risco. Os estudos de Ashraf e Routray (2013) analisando a experiência dos trabalhadores rurais, apontaram que os agricultores mais experientes percebiam de forma mais significativa a variação na temperatura e precipitação, opinando a respeito, enquanto os agricultores menos experientes na agricultura afirmavam desconhecer esta mudança ou simplesmente não opinaram.

Desta forma, infere-se que os anos de experiência do irrigante com a prática da agricultura é um fator preponderante no que tange a adaptação deste aos cenários de seca e conseqüentemente influencia de forma incisiva na sua percepção. Apesar disso, pela Correlação de Pearson, o nível de significância ($r = -0.17$) é negativo, o que implica numa correlação negativa a variável percepção, não diminuindo sua importância. A correlação considerável entre número de secas vividas e tempo de trabalho com agricultura ($r = 0.46$) e a pequena importância dada a variável anos_seca se comparada a variável tempo_trab, permite sua retirada do modelo.

Adentrar nos anos de trabalho com a agricultura, promove a discussão do terceiro item pontuado na ordem crescente das importâncias: a idade dos entrevistados. Essa variável pode ser associada a outras variáveis a fim de compreender-se sua relevância, como por exemplo ao nível de escolaridade já discutido. A questão é que a recorrência de pessoas de idade mais avançada no campo tornou-se cada vez mais comum, a exemplo dos entrevistados, onde a concentração de idade encontra-se na faixa dos 30 aos 60 anos, com incidência de 37% na faixa de 40 a 50 anos. Essa concentração pode ser explicada por vários motivos, dentre eles o incentivo a educação dos filhos, posto a facilidade de acesso se comparado a décadas passadas, o que implica no afastamento dessa classe jovem das práticas agrícolas, além das dificuldades impostas pelos baixos níveis de água disponibilizados para agricultura, o que leva essa classe a evadir em busca de outras fontes de renda.

Por fim, tratando-se de percepção é imprescindível pontuar as razões para a existência das secas na visão dos entrevistados, pois a seca pode ser analisada sob quatro vertentes, como secas meteorológicas, agrícola, hidrológica e socioeconômica. Portanto, a variável *razoes_seca* distingue a definição de seca do entrevistado ao se posicionar sobre a seca ser motivada por desastres naturais, problemas de gestão ou problema de planejamento dos órgãos competentes, sendo, portanto, associada aos parâmetros da percepção do irrigante.

Mensurar a importância de cada variável e avaliar como cada uma infere sobre a percepção às secas dos irrigantes é de fato relevante, uma vez que a discussão passa a ser não apenas social, mas agora técnica. Diante disso, essa percepção passa a ser quantificada em suas diferentes variáveis e adaptável para diferentes cenários e perímetros.

5.3 Modelo de Percepção

O modelo preditivo foi moldado de acordo com as variáveis explicativas selecionadas e avaliadas. Das nove variáveis, permitiu-se uma redução para seis incógnitas, baseando-se no seu grau de importância e na sua correlação com a variável resposta ou com as variáveis entre si, evitando a redundância das informações.

Aplicando o modelo estatístico na solução dos parâmetros pelo método dos mínimos quadrados, definiu-se o nível de percepção do perímetro segundo a Eq. 6 abaixo.

$$\text{Perc} = -0.144 + 0.596.NL - 0.004.TT + 0.101.RS + 0.005.ID + 0.075.EDU + 0.642.DS \quad (6)$$

Na qual,

Perc = Percepção;

NL= num_lote (Número de lotes ativos);

TT= tempo_trab (Tempo de trabalho com agricultura);

RS= razoes_seca (Motivo elencado como o principal para as secas);

ID= idade (Idade do entrevistado);

EDU= educ_nivel (Nível de escolaridade);

DS= discus_seca (Participação em grupos de discussão sobre a seca).

Onde a variável dependente, Perc, representa a percepção dos agricultores do perímetro em relação a seu discernimento sobre o prolongamento das secas (não sei responder=0, mais = 1, menos = 2, nenhuma diferença = 3).

A primeira variável independente na Equação 6, NL, indica o número de lotes ativos pertencentes a cada agricultor. Sua posição e coeficiente mostram que um maior número de lotes possibilita ao usuário uma maior percepção as secas. Na equação, a variável TT, ou tempo de trabalho em anos na agricultura, apresenta uma relação inversa com a percepção as secas, enquanto, as outras variáveis do modelo foram estimadas com uma relação direta com a variável explicativa.

Para validação do modelo preditivo elaborado, usou-se um método de classificação por padronização dos estimadores. O objetivo da validação compreende determinar a aproximação do modelo previsto ao modelo real, permitindo a observação visual dos resultados.

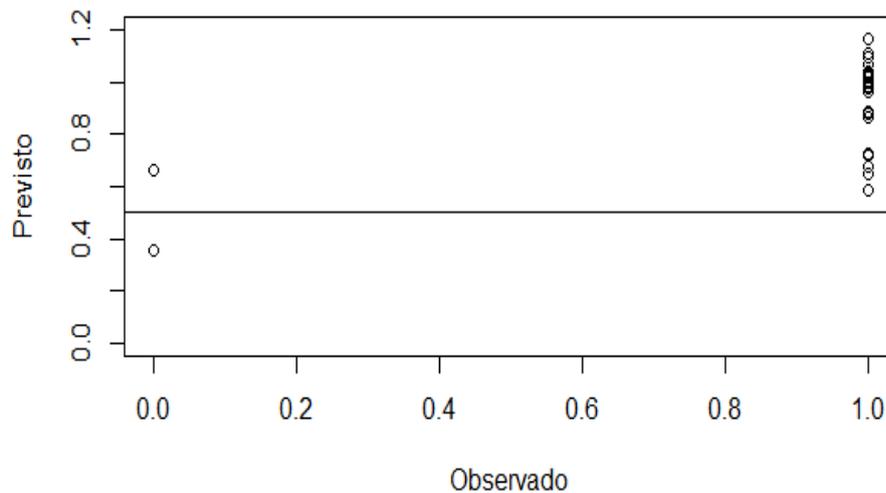
Para a validação, os estimadores da variável dependente, Perc, sofreram uma modificação para adequação de seus valores na faixa de 0 a 1 (nenhuma diferença = 3 recebeu 0, enquanto que mais continuou recebendo 1). Os níveis de percepção foram adotados de tal forma que o estimador “0” indicasse nenhuma percepção e o estimador “1” indicasse alta percepção. Isso foi possível, pois entre as respostas obtidas para a percepção às secas, apenas as opções 3 e 1 foram escolhidas, então a mudança dos estimadores permitiu uma melhor visualização dos resultados.

O resultado da validação é apresentado na Figura 6.

A Figura 6 analisa os resultados observados em função dos resultados previstos pelo modelo preditivo. Os valores calculados abaixo de 0,5 são arredondados para 0, enquanto que os acima para 1. O somatório dos Erros Quadráticos ($\sum \varepsilon_1^2$) obtido foi 1, logo um percentual de erro de apenas 3,33 % para os dados observados, validando a eficiência do modelo diante das observações.

Nos dados tabulados, 3 dos 30 entrevistados responderam que não havia nenhuma diferença em relação ao prolongamento das secas, enquanto o outros 27 responderam que a secas estão se tornando cada vez mais prolongadas. Na validação adotou-se o estimador “0” para os três primeiros e “1” para os remanescentes, logo, para o perímetro estudado a percepção foi considerada alta.

Figura 6 - Previsões para o modelo de Regressão Linear Múltipla.



Fonte: Autor (2019).

5.4 Análise do grau de satisfação dos irrigantes

A participação do poder público como uma entidade sólida e tomadora de decisões é essencial para a promoção de resiliência diante de eventos de risco, como as secas. Diante disso, a terceira seção do questionário atenta para a opinião dos agricultores em relação ao posicionamento do governo e atuação de políticas públicas com ênfase no perímetro estudado. Destes, 77% se consideram insatisfeitos com as políticas de seca do governo e 13% pouco satisfeitos, frente aos 7% satisfeitos.

Quando questionados sobre o uso de algum programa do governo para lidar com a seca entre 2010-2018, 83% dos entrevistados disseram não ter tido a oportunidade de nenhum benefício, frente os 17% que afirmaram terem se beneficiado, quer seja com facilitação de empréstimos ou com implantação de cisternas.

O posicionamento dos agricultores diante das ações de cunho político demonstra um déficit do estado na redução do risco da seca e na sua atuação frente as dificuldades de manutenção do perímetro irrigado. Eles argumentaram de forma veemente acerca da promessa

da conclusão das obras de transposição do Rio São Francisco, intitulado “Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional”, mostrando na obra suas esperanças de melhoria no cenário de recarga hídrica e abastecimento suficiente para os lotes. Os entrevistados discordaram em 87% a afirmação da implantação de ações importantes para mitigar os efeitos da seca, mostrando insatisfação em relação ao apoio técnico, tecnológico ou financeiro por parte do governo.

O órgão gestor DISTAR também foi questionado acerca da implementação de ações do estado com possíveis atuação sobre o perímetro. Segundo notificado por este, nenhuma obra de infraestrutura ou de fornecimento de recursos por parte do estado atingiu a região do perímetro no intervalo de 2010 à 2019. As contribuições financeiras e facilitação de financiamentos relatadas pelos entrevistados são parte do programa de financiamento do Banco do Brasil ou Banco do Nordeste e de responsabilidade do produtor com o banco. A administração do órgão cita a realização de treinamentos sob coordenação do DISTAR, do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR e do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE, como um recurso de preparação do agricultor para a adaptação aos cenários de seca. Algumas das temáticas desses treinamentos e cursos para os produtores foram: Associativismo; Uso correto de Agrotóxicos; Utilização de Produtos Orgânicos; Gestão de Propriedade Rural; Cursos de Operador de trator agrícola; dentre outros.

Vale ressaltar ainda que para os perímetros dependentes do abastecimento advindo do Castanhão, como o Distrito de Irrigação do Perímetro Tabuleiro de Russas, os anos de 2015 e 2016, foram marcados pela redução da disponibilidade de água para suas devidas atividades. A redução foi recorrente não somente ao alto grau de severidade das secas nesses anos, como também a necessidade da transferência de água do açude Castanhão para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), causando extremo desconforto entre os usuários do sistema. Diante desse cenário, uma medida de redução de riscos adotada pela COGERH foi a redução, seguida pela suspensão (2019), de água do reservatório para a RMF, promovendo melhoria na qualidade de abastecimento para os perímetros afetados, como também para as regiões no entorno do reservatório.

A percepção do envolvimento limitado do governo na redução do risco de seca é uma variável que contribui para o fortalecimento de conflitos entre usuários de água e as instituições ligadas a gestão das águas. Nesse sentido, a gestão de seca tem passado por uma mudança de paradigmas que surge na tentativa de aumentar a resiliência à seca, quer seja pelo monitoramento robusto e previsão/alerta precoce, pela melhor compreensão das vulnerabilidades/resiliência e impactos, ou ainda por um planejamento de resposta mais

coordenado e sistemático, contribuindo com o desenvolvimento de uma estratégia de mitigação de longo prazo (CORTEZ et al., 2017).

Cita-se nesse processo a criação do Comitê Integrado de Combate à seca (2012), a criação do Grupo de Contingência (2015), além da adoção do Programa de Adutora de Montagem Rápida e o Programa de construção de poços profundos, chafarizes e dessalinizações, que também podem ser enumerados como ações de mitigação aos efeitos da seca.

Entre essas medidas, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), órgão vinculado a SRH, tem desenvolvido o Monitor de Secas desde Julho de 2014. O projeto promove o acompanhamento regular e periódico da situação da seca no Nordeste, divulgando seus resultados por meio do Mapa do Monitor de Secas. As informações sobre a situação de secas são disponibilizadas mensalmente até o mês anterior, promovendo a percepção da evolução da seca na região.

O Monitor de Secas objetiva promover a integração entre o conhecimento técnico e científico desenvolvido nas instituições estaduais e federais para alcançar um entendimento comum sobre as condições de seca, desde sua severidade à evolução espacial e no tempo, e seus impactos sobre os diferentes setores envolvidos. O projeto emerge diante da necessidade de melhorias nos campos de monitoramento e gerenciamento das secas, atuando de forma a facilitar a tradução das informações em ferramentas e produtos utilizáveis por instituições tomadoras de decisão e indivíduos e fortalecendo os mecanismos de Monitoramento, Previsão e Alerta Precoce, em especial para atividades cujas vertentes se apoiem no abastecimento de água, como a agricultura.

Monitorar a severidade da seca, compreendendo seus possíveis impactos de forma precoce para as culturas, em muito beneficia os irrigantes, pois permite a instalação de um sistema de alerta precoce, o que aumenta a resiliência do sistema aos cenários de risco. Isso facilita a participação dos agricultores e do sistema de gestão do perímetro no processo de tomada de decisões, uma vez que a gestão tem caráter participativo. Porém, é preciso reconhecer as limitações de acesso desse usuário as informações e inovações. Nesse contexto, cabe também as entidades gestoras incentivarem o uso destes recursos e aproximarem o agricultor das informações repassadas, estreitando os laços entre usuário e poder público. A inserção dessas informações no cotidiano do irrigante pode ser realizada por meio da introdução dessas discussões durante os momentos de reuniões realizadas com participação dos usuários, como também utilizando-se das redes sociais para difundir os informes.

Observa-se nisso o déficit de comunicação entre os diversos atores do sistema, uma vez que as ações adotadas são pouco difundidas, dificultando seu acesso. Diante disso, melhorar a comunicação tanto Usuário-Governo, quanto usuário-DISTAR e DISTAR-Governo, em relação a adoção de medidas de mitigação e adaptação às secas, terá consequências positivas no processo de tomada de decisões e no desenvolvimento de um sistema resiliente aos cenários de risco climático.

Infere-se também sobre a necessidade de implantação de um sistema de capacitação dos agricultores, como meio de preparação e adaptação aos cenários de risco impostos pelas secas. Os atores locais mostraram-se desinformados no tocante ao uso de métodos de irrigação mais eficientes, de práticas de redução de água ou qualquer recurso técnico informacional de preparação para lidar com as secas. Esse sistema pode vir a ser implementado em conjunto com ações já administradas pelo DISTAR, porém ainda carente de atenção dos demais órgãos públicos.

6 CONCLUSÕES

Nesse estudo buscou-se compreender a percepção às secas por agricultores dos perímetros irrigados, de forma a identificar estratégias de adaptação, a fim de subsidiar a tomada de decisão no processo de alocação de água. Assim, incorporar a percepção no processo de alocação de água é tida como um meio de reduzir conflitos e de gerir com mais eficiência e equidade ao planejamento de recursos hídricos.

O estudo foi aplicado no perímetro irrigado Tabuleiro de Russas, no estado do Ceará, podendo ser replicado a outros perímetros em situação semelhante de déficit hídrico. A aplicação foi realizada por meio da aplicação de questionários semiestruturados e os resultados foram analisados estatisticamente por duas vertentes: (i) análise estatística descritiva, afim de identificar e descrever as características, causas e conseqüências das secas através da percepção dos irrigantes; (ii) análise por linguagem de máquina, no intuito de identificar as variáveis de maior importância na percepção dos irrigantes e elaborar o modelo preditivo de identificação do nível de percepção do perímetro.

No processo de coleta de dados, a quantidade de questionários aplicados foi limitada pela grande distância entre os lotes e a quantidade de lotes inativos e de difícil acessibilidade. Em virtude disso, esse passou por uma adaptação de estratégias, entre elas reduzir o número de entrevistas previsto e alocar os pontos entrevistados de maneira a reduzir a homogeneização dos dados. No mais, a leitura dos dados também levou em conta a postura dos entrevistados diante das indagações, adentrando no posicionamento da seca como um elemento técnico de gestão, mas também como um elemento social em suas mais variadas vertentes.

Observou-se que as variáveis Número de lotes ativos; Tempo de trabalho com agricultura; Motivo das secas; Idade do entrevistado; Nível de escolaridade; Participação em grupos de discussão sobre a seca, pelo método da Random Forest, foram elencadas como as variáveis de maior importância à percepção dos irrigantes. Estas variáveis explicativas foram utilizadas no desenvolvimento de um modelo preditivo de percepção e na elaboração de uma equação, por regressão linear, de medição de nível de percepção.

O modelo desenvolvido foi validado, encontrando-se percentual de erro de apenas 3,33 % para os dados observados, validando a eficiência do modelo diante das observações. Para o perímetro estudado a percepção foi considerada alta.

Ainda realizou-se a análise do grau de satisfação dos irrigantes em relação às políticas de redução de impactos às secas implementadas pelo governo. Nesse quesito, identificou-se um alto grau de insatisfação dos irrigantes com relação ao apoio financeiro, técnico ou informacional dos gestores na mitigação dos efeitos das secas. Ainda foram catalogadas as medidas adotadas segundo a COGERH, mostrando a necessidade de melhoria na comunicação entre gestores e usuários, assim como preza as diretrizes da gestão participativa.

Levando em conta que a participação do poder público, como uma entidade sólida e tomadora de decisões, como essencial para a promoção de resiliência diante de eventos de risco, com as secas, levanta-se algumas proposições a serem implementadas na relação estado-usuário, como a ampliação do acesso a informações pelos irrigantes, assim como também a melhoria na capacitação dos agricultores, como sistema de preparação e adaptação aos cenários de risco.

Assim, conclui-se que entender a percepção dos irrigantes compreende um avanço na adoção de medidas proativas na tomada de decisão, no que tange a gestão de risco de seca, e no planejamento de políticas públicas de mitigação dos efeitos do fenômeno para a região.

Algumas inferências não puderam ser tão incisivas pois as informações catalogadas não passaram por um processo de tipologias dos dados. Assim, recomenda-se que outros estudos complementem a pesquisa com: (i) Realizar a tipologia dos dados dos entrevistados, confrontando-os, a fim de propor inferências mais pontuais e incisivas sobre as variáveis e sua influência; (ii) Aplicar outros métodos de análise de dados por aprendizado de máquina, a fim de comprovar a eficácia do método utilizado; (iii) Ampliar as discussões acerca das medidas adaptativas adotadas no perímetro e a proposição de um modelo de medidas, no âmbito da gestão e das técnicas aplicadas, a fim de contribuir com a resiliência dos perímetros aos cenários de secas; (iv) Adentrar na percepção dos usuários em relação ao uso da água; (v) Aplicar o modelo estatístico elaborado para outras regiões.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ (ADECE). **Perímetros Públicos de Irrigação do Ceará**. 2011. Disponível em: <http://www.adece.ce.gov.br/index.php/downloads/category/10-agronegocios>. Acesso em: 12 Abr. 2019.

ADGER, W. N. et al. **New indicators of vulnerability and adaptive capacity**. Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research, 2004, vol. 122. [128] p. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.112.2300&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em 15 de Abr. 2019.

ADHIKARI, Shankar. Drought impact and adaptation strategies in the mid-hill farming system of western Nepal. **Environments**, v. 5, n. 9, p. 101, 2018.

AKINNAGBE, O. M.; IROHIBE, I. J. Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in Africa: a review. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 39, n. 3, p. 407-418, 2014.

ALAM, Khorshed. Farmers' adaptation to water scarcity in drought-prone environments: A case study of Rajshahi District, Bangladesh. **Agricultural Water Management**, v. 148, p. 196-206, 2015.

ALI, Akhter; ERENSTEIN, Olaf. Assessing farmer use of climate change adaptation practices and impacts on food security and poverty in Pakistan. **Climate Risk Management**, v. 16, p. 183-194, 2017.

ARAÚJO JÚNIOR, Luiz Martins de. **Desenvolvimento de um sistema de informação e alerta precoce da seca e elaboração de estratégias de planejamento proativo de adaptação às secas urbanas**. 2018. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/37275>. Acesso em: 12 de Abr. 2019.

ASHRAF, Muhammad; ROUTRAY, Jayant Kumar. Perception and understanding of drought and coping strategies of farming households in north-west Balochistan. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 5, p. 49-60, 2013.

BAHTA, Y. T.; JORDAAN, A.; MUYAMBO, F. Communal farmers' perception of drought in South Africa: Policy implication for drought risk reduction. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 20, p. 39-50, 2016.

BECK, U. **Risk Society**: Towards a New Modernity. Cambridge, UK: PolityPress, 1998.

BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, [s.l.], v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001. Springer Nature. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1023/a:1010933404324>. Acesso em 16 de Agosto de 2019.

BRODY, S. D. et al. Examining the relationship between physical vulnerability and public perceptions of global climate change in the United States. **Environment & Behavior**, Thousand Oaks, v. 40, n. 1, p. 72-95, 2008.

Bueno FS. **Minidicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: Lisa S.A, 1998.

CAMPOS, José Nilson Bezerra. Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 16, p. 262-298, 1997. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/120>. Acesso em: 15 de Abr. 2019.

CANTOS, Jorge Olcina; GIL, Alfredo Morales; AMORÓS, Antonio M. Rico. Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intentos de corrección. **Investigaciones Geográficas**, n. 23, p. 5-46, 2000.

CARVALHO, T. M. N. **Water demand modeling using machine learning techniques**. 2019. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/40462>. Acesso em: 29 de Set. 2019.

CAVALCANTE, Sylvia; FRANCO, Márcio Flavio Amorim. Profissão perigo: percepção de risco à saúde entre os catadores do Lixão do Jangurussu. **Revista Subjetividades**, v. 7, n. 1, p. 211-231, 2010.

CORTEZ, Helder dos Santos; LIMA, Gianni Peixoto de; SAKAMOTO, Meiry Sayuri. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 83-118, 2017.

CUNHA, Denis Antonio da et al. **Impacts of climate change on Brazilian agriculture: an analysis of irrigation as an adaptation strategy**. 2012. Conference, August 18-24, 2012, Foz do Iguaçu, Brazil. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/126223/>. Acesso em: 20 de Abr. 2019.

CUNHA, Rita Luzia Abreu da. **Definição de cenários de referência para avaliação dos impactos das secas**. 2008. 147 f. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do

Porto, Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58023/1/000129128.pdf>. Acesso em: 20 de ago. 2019.

CUTLER, D. R. et al. Random forests for classification in ecology. **Ecology**, [s.l.], v. 88, n. 11, p. 2783-2792, nov. 2007. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1890/07-0539.1>. Acesso em: 29 de Set. 2009.

CYSNE, A. P. **Modelo de governança adaptativa para os recursos hídricos utilizando cenários climáticos**. 2012. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/3878>. Acesso em: 20 de Abr. 2019.

DE OLIVEIRA, Letícia; TALAMINI, Edson. Water resources management in the Brazilian agricultural irrigation. **Journal of Ecology and the Natural Environment**, v. 2, n. 7, p. 123-133, 2012.

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). 2012. **Publicações dos perímetros irrigados**. Disponível em: http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados. Acesso em 12 Abr. 2019.

FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses, **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 253–267, 2006.

FOLKE, C., CARPENTER, S., WALKER, B., SCHEFFER, M., ELMQVIST, T., GUNDERSON, L. y HOLLING, C.S. Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management, *Annual Review of Ecology*, **Evolution and Systematics**, vol.35, 557-581, 2004.

FOLKE, C., CARPENTER, S., WALKER, B., SCHEFFER, M., ELMQVIST, T., GUNDERSON, L. y HOLLING, C.S. Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology*, **Evolution and Systematics**, vol.35, 557-581, 2004.

FOLKE, CARL; HAHN, T.; OLSSON, P.; NORBERG, J. Adaptive governance of social-ecological systems. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 30, n. 1, p. 441–473, 2005.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (Ceará). **Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos**. Portal hidrológico do Ceará. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em: 12 de Abr. De 2019.

GARCÍA-MOLLÁ, Marta et al. Irrigation associations coping with drought: the case of four irrigation districts in Eastern Spain. In: **Drought in arid and semi-arid regions**. Springer, Dordrecht, 2013. p. 101-122.

GENUER, R.; POGGI, J.; TULEAU-MALOT, C. Variable selection using random forests. **Pattern Recognition Letters**, [s.l.], v. 31, n. 14, p. 2225-2236, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.patrec.2010.03.014>.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 206 p. ISBN 8522422702 (broch.).

GUNDERSON, Lance. Resilience, Flexibility and Adaptive Management—Antidotes for Spurious Certitude?. **Conservation ecology**, v. 3, n. 1, 1999.

GUNDERSON, L.; PETERSON, G.; HOLLING, C. S. Practicing adaptive management in complex social-ecological systems. In: NORBERG, J.; CUMMING, G. S. (Eds.). **Complexity theory for a sustainable future**. New York: Columbia University Press, 2008. p. 223–245

HABIBA, Umma; SHAW, Rajib; TAKEUCHI, Yukiko. Farmer's perception and adaptation practices to cope with drought: Perspectives from Northwestern Bangladesh. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 1, p. 72-84, 2012.

HEATHCOTE, R. L. Drought in Australia: a problem of perception. **Geographical Review**, p. 175-194, 1969.

HEIM JR, Richard R. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 83, n. 8, p. 1149-1166, 2002.

HIGGINBOTHAM, Nick; CONNOR, Linda H.; BAKER, Fran. Subregional differences in Australian climate risk perceptions: coastal versus agricultural areas of the Hunter Valley, NSW. **Regional environmental change**, v. 14, n. 2, p. 699-712, 2014.

HOU, Lingling; HUANG, Jikun; WANG, Jinxia. Early warning information, farmers' perceptions of, and adaptations to drought in China. **Climatic change**, v. 141, n. 2, p. 197-212, 2017.

IPCC 2001. **Mudanças Climáticas 2001: Relatório Síntese**. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III do Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, em Genebra.

IQBAL, Mohammad Wasim et al. Farmers' perceptions of and adaptations to drought in Herat Province, Afghanistan. **Journal of Mountain Science**, v. 15, n. 8, p. 1741-1756, 2018.

SHEFFIELD, Justin; WOOD, Eric F.; RODERICK, Michael L. Little change in global drought over the past 60 years. **Nature**, v. 491, n. 7424, p. 435, 2012.

JONES, L.; BOYD, E. Exploring social barriers to adaptation: Insights from Western Nepal. **Global Environmental Change**, v. 21, n. 4, p. 1262–1274, 2011.

KNUTSON, Cody L. et al. Farmer perceptions of sustainable agriculture practices and drought risk reduction in Nebraska, USA. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 26, n. 3, p. 255-266, 2011.

LIAW, A.; WIENER, M. Classification and Regression by randomForest. **Rnews**, [s.l.], v. 2/3, p. 18-22, dez. 2002.

LINDOSO, Diego Pereira. **Vulnerabilidade e adaptação da vida às secas: desafios à sustentabilidade rural familiar nos semiáridos nordestinos**. 2013. 519 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33549609.pdf>. Acesso em: 10 de Abr. 2019.

MACIEL, Wlisses Matos. **Otimização econômica do uso da água no perímetro irrigado tabuleiro de russas utilizando programação linear e não-linear**. 2016. 130 f. Tese (Doutorado em agronomia (irrigação e drenagem)) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Programa de Pós-Graduação em agronomia: irrigação e drenagem, UNESP, Botucatu, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/148604>. Acesso em: 25 de Fev. De 2019.

MEHTA, Lyla. The manufacture of popular perceptions of scarcity: Dams and water-related narratives in Gujarat, India. **World Development**, v. 29, n. 12, p. 2025-2041, 2001.

MENDELSON, Robert. **Global warming and the American economy**. Edward Elgar Publishing, 2001.

MINAYO, Maria Cecília de Souza; CRUZ NETO, Otávio; GOMES, R (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 6. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1996. 80 p. ISBN 8532611451 (broch.).

MINETO, Carlos Augusto Laffitte. **Percepção ao risco e efeito disposição: Uma análise experimental da teoria dos prospectos**. 2005. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102956>. Acesso em: 26 de Jun. 2019.

Noemdoe, S., L. Jonker, and L.A. Swatuk, **Perceptions of water scarcity: The case of**

Genadendal and outstations, *Physics and Chemistry of the Earth*, 31, 771 – 778, 2006.

YOUNG, Oran R. et al. The globalization of socio-ecological systems: an agenda for scientific research. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 304-316, 2006.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE). 2011. **Integração da Adaptação às Alterações Climáticas na Cooperação para o Desenvolvimento**: Guia para o Desenvolvimento de Políticas, OCDE Publishig. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264110618-pt>. (Acesso em 12/04/2019). Acesso 23 de Abr. 2019.

PATT, Anthony G.; SCHRÖTER, Dagmar. Perceptions of climate risk in Mozambique: implications for the success of adaptation strategies. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 3, p. 458-467, 2008.

PERES, Frederico; ROZEMBERG, Brani; LUCCA, Sérgio Roberto de. Percepção de riscos no trabalho rural em uma região agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: agrotóxicos, saúde e ambiente. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, p. 1836-1844, 2005.

PETER, Samuel J. et al. Flood avalanches in a semiarid basin with a dense reservoir network. **Journal of hydrology**, v. 512, p. 408-420, 2014.

PHILIP, R.; SALIAN, P. (2011) **Kit de Treinamento SWITCH**: Gestão Integrada das Águas na Cidade do Futuro. Alemanha: ICLEI European Secretariat GmbH . Módulo 6: Auxílio à Decisão Escolhendo um Caminho Sustentável. 49 p.

PIRES, Inácio Jose Bessa. **A pesquisa sob o enfoque da Estatística**. [Brasil]: Banco do Nordeste do Brasil, 2006.

RAO, K. P. C. et al. Climate variability and change: Farmer perceptions and understanding of intra-seasonal variability in rainfall and associated risk in semi-arid Kenya. **Experimental agriculture**, v. 47, n. 2, p. 267-291, 2011.

RAPHAEL, Beverley et al. Factors associated with population risk perceptions of continuing drought in Australia. **Australian journal of rural health**, v. 17, n. 6, p. 330-337, 2009.

ROSA, Ricardo Granés Tavares Duarte. **Índices de seca. Aplicação ao continente português**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica). Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. ISA/UTL. Lisboa, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/4488>. Acesso em: 10 de Jun. 2019.

SAARINEN, Thomas Frederick. Perception of the drought hazard on the Great Plains. In: **University of Chicago Department of Geography, research paper**. University of Chicago, 1966.

SÁNCHEZ-CORTÉS, Maria Silvia; CHAVERO, Elena Lazos. Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas, Mexico. **Climatic Change**, v. 107, n. 3-4, p. 363-389, 2011.

SASSI, Cecília P. et al. **Modelos de regressão linear múltipla utilizando os softwares R e STATISTICA**: uma aplicação a dados de conservação de frutas. 2012. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo – USP. São Carlos, 2012.

Disponível em:

http://conteudo.icmc.usp.br/CMS/Arquivos/arquivos_enviados/BIBLIOTECA_113_RT_377.pdf. Acesso em: 20 de Ago. 2019.

SHERVAL, Meg; ASKEW, Louise E. Experiencing ‘drought and more’: local responses from rural Victoria, Australia. **Population and Environment**, v. 33, n. 4, p. 347-364, 2012.

SILVA, Renata Céli Moreira. **Responsabilidade social no ensino em administração**: um estudo exploratório sobre a visão dos estudantes de graduação. Rio de Janeiro, 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Administração) – PUC-Rio.

SLEGGERS, Monique FW. “If only it would rain”: Farmers’ perceptions of rainfall and drought in semi-arid central Tanzania. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 11, p. 2106-2123, 2008.

SMIT, Barry et al. An anatomy of adaptation to climate change and variability. In: **Societal adaptation to climate variability and change**. Springer, Dordrecht, 2000. p. 223-251.

ORENSTEIN, Daniel E.; MILLER, Char; TAL, Alon (Ed.). **Between ruin and restoration: an environmental history of Israel**. University of Pittsburgh Pre, 2013.

THIELEN, Iara Picchioni; HARTMANN, Ricardo Carlos; SOARES, Diogo Picchioni. Percepção de risco e excesso de velocidade. **Cadernos de saúde pública**, v. 24, p. 131-139, 2008.

TRIOLA, Mário F. **Introdução à Estatística**. 7a. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

UDMALE, Parmeshwar et al. Farmers’ perception of drought impacts, local adaptation and administrative mitigation measures in Maharashtra State, India. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 10, p. 250-269, 2014.

UNITED NATIONS EDUCATION, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION
UNESCO. **Managing Water under Uncertainty and Risk**. UNESCO, Parte 2. 2012. p. 230 – 370. Disponível em: <http://www.unesco.org>. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

URQUIJO, Julia; DE STEFANO, Lucia. Perception of drought and local responses by farmers: a perspective from the Jucar River Basin, Spain. **Water resources management**, v. 30, n. 2, p. 577-591, 2016.

VIVAS, Eduardo; MAIA, Rodrigo. A gestão de escassez e secas enquadrando as alterações climáticas. **Recursos Hídricos**, v. 31, n. 1, 2010.

WALKER, Brian H. et al. **Exploring resilience in social-ecological systems: comparative studies and theory development**. In: Melbourne, CSIRO Publishing, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/102.100.100/175155?index=1>. Acesso em: 19 de Abr. De 2019.

WALKER, B.; HOLLING, C. S. CARPENTER SR; KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. **Ecology and Society**, v. 9, n. 2, p. 5.

WIEDEMANN, Peter M. **Introduction risk perception and risk communication**. Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT) der KFA Jülich, 1993.

WILHITE, Donald A. **Drought as a natural hazard: concepts and definitions**. 2000. Published in *Drought: A Global Assessment*, Vol. I, edited by Donald A. Wilhite, chap. 1, pp. 3–18 (London: Routledge, 2000).

WILHITE, Donald A.; SIVAKUMAR, Mannava VK; PULWARTY, Roger. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 4-13, 2014.

Wolpert L. **Risk**. London: College University; 1996.

WOUDENBERG, Donna L.; WILHITE, Donald A.; HAYES, Michael J. Perception of drought hazard and its sociological impacts in south-central Nebraska. **Great Plains Research**, p. 93-102, 2008.

WUIJTS, Susanne; DRIESSEN, Peter; VAN RIJSWICK, Helena. Towards more effective water quality governance: A review of social-economic, legal and ecological perspectives and their interactions. **Sustainability**, v. 10, n. 4, p. 914, 2018.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

QUESTIONÁRIO 01 – AGRICULTORES

DADOS GERAIS

1. O entrevistado é: () homem () mulher
2. Qual a sua idade? _____
3. Há quanto tempo você trabalha como agricultor? _____
4. Qual o seu nível de escolaridade?

() Sem instrução	() Ensino Fundamental
() Ensino médio incompleto	() Ensino superior incompleto
() Ensino médio completo	() Ensino superior completo
5. Quem é o proprietário da terra em que você trabalha?

() Eu () Um particular () Uma empresa () Um órgão governamental
6. Quantas pessoas trabalham fixas em seu lote? _____
7. Qual o tamanho do seu lote? _____
8. Quais atividades são desenvolvidas no seu lote?

() Agricultura
 () Pecuária
 () Piscicultura
 () Outros. Quais? _____

Qual dessas se apresenta como a principal atividade? _____
9. Quais culturas são cultivadas no seu lote em 2019?

10. Qual a fonte de água utilizada para irrigação do seu lote?

() Poço artesanal	() CAGECE
() Rio/ açude/ corpo hídrico	() Canal (Banabuiu)
() Carro pipa	() Canal (Castanhão)

AVALIAÇÃO DA SECA

11. Como o senhor (a) definiria seca? Marque e priorize as respostas

() Evento de Deus _____	() Falta de chuva _____
() Falta de água no solo _____	() Falta de água no reservatório _____
() Outros _____	

12. Quantos anos de seca o (a) senhor (a) já viveu como agricultor (a)? _____
13. Quais foram esses anos de seca? _____
14. Desses anos que o (a) senhor (a) citou quais foram os mais severos (que mais afetou o seu trabalho)?
- 1º lugar: _____ 3º lugar: _____
- 2º lugar: _____ 4º lugar: _____
15. Por quanto tempo se estende uma seca?
- () 1 mês () Entre 1 a 3 anos
- () 3 meses () Entre 3 e 5 anos
- () 6 meses () Mais de 5 anos
- () 1 ano
16. Na sua opinião, qual o principal motivo das secas? Priorize
- () Desastres naturais _____ () Gestão deficiente dos recursos _____
- () Falta de planejamento _____ () Não sei responder _____
- () Outros: _____
17. Como a seca afeta o seu trabalho?
- _____
- _____
- _____
18. Como o senhor percebe que está iniciando uma seca?
- () O tempo fica muito quente () Pelas previsões do governo
- () O solo fica muito seco () As culturas estão requerendo mais água
- () Observa o comportamento dos animais
- () Não sei responder
- () Outros _____
19. Quais são os impactos causados pela última seca no seu trabalho?
- () Reduziu o lucro () Perda de gado
- () Quebras das safras () Migração da população
- () Causou ansiedade, depressão () Declínio nos preços do gado
- () Aumento nos preços dos alimentos () Conflitos entre os moradores/ agricultores locais
- () Problemas de saúde dos seres humanos / desnutrição () Outros impactos na subsistência
- Outros _____
20. Você acha que as secas estão se tornando mais ou menos frequente nos últimos anos?
- () Mais () Nenhuma diferença () Menos () Não sei
21. Você acha que as secas estão se tornando mais prolongadas?
- () Mais () Nenhuma diferença () Menos () Não sei

OPINIÃO DO AGRICULTOR

30. Qual o seu nível de satisfação com as políticas de seca do governo?

- Muito satisfeito
- Satisfeito
- Pouco satisfeito
- Insatisfeito
- Não sei responder

Caso insatisfeito, como você acha que poderia melhorar?

31. O que o (a) Sr. (a) espera para a próxima quadra chuvosa (Fevereiro a maio) ? Por quê?

32. O senhor participa de algum grupo que discute sobre a seca?

- Sim Não Caso sim, qual _____

33. Precisou se realocar para outras atividades no período da seca (2010-2018)?

- Sim Não Caso sim, quais? _____

34. O senhor sabe o que é a reunião de alocação negociada de água?

Já participou? Sim Não Caso não, Porque _____

35. O seu perímetro tem segurança hídrica (Água com qualidade para irrigação e disponibilidade)? Sim Não

36. Quais ações o governo tem realizado para ajudar os agricultores a lidar com a seca?

GOVERNO

37. Nos últimos 6 anos, o governo implantou ações importante para mitigar os efeitos da seca. Concordo Discordo

38. Nos últimos 6 anos, o governo forneceu alguma informação sobre como se preparar para a seca.

- Concordo Discordo

39. Nos últimos 6 anos, o governo forneceu alguma informação sobre como utilizar menos água na agricultura.

- Concordo Discordo

40. Nos últimos 6 anos, o governo forneceu recursos financeiros para os agricultores lidar com a seca.

- Concordo Discordo

41. Nos últimos 6 anos, o governo forneceu recursos técnicos para os agricultores lidar com a seca.

- Concordo Discordo

APÊNDICE B – REGISTROS FOTOGRÁFICOS



Canal de abastecimento entre o Castanhão e o perímetro



Registros da pesquisa de campo – coleta de dados