



II Congresso Brasileiro de Redução de Riscos e Desastres:

Rio de Janeiro, RJ, Brasil – 11 a 14 de Outubro de 2017

A SECA NO NORDESTE DO BRASIL: UM ESTUDO SOBRE AS PRINCIPAIS POLÍTICAS PÚBLICAS E MÉTODOS DE PREVISÃO

Marina Lins de Carvalho, Helena Klein, Celso Athayde Junior, Raissa Z. B. Bravo, Adriana Leiras

¹PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica, marina.lins.carvalho@gmail.com

²PUC-Rio, Helena Klein, Pontifícia Universidade Católica, leleklein@uol.com.br

³PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica, celsojuniormadureira.rio@cufa.org.br

⁴PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica, raissazurli@gmail.com

⁵PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica, adrianaleiras@puc-rio.br

RESUMO

Este artigo aborda a questão da seca, que afeta muitas famílias brasileiras há muitos anos, sendo os primeiros registros do final do século XVI. Foram identificados os principais estudos sobre este tema e, em seguida, foi analisado o histórico de políticas públicas para mitigação desses efeitos. Pôde-se verificar desde 1909 que diversas organizações e projetos foram criados, mas muitos deles fracassaram por causa do interesse particular de políticos e grandes fazendeiros. Também é apresentado um estudo sobre os métodos e as variáveis utilizadas para realizar previsão de períodos de seca, que são muito variáveis e estão relacionados a diversos fatores como temperatura, pressão, fenômenos naturais e precipitação. Os modelos de previsão são importantes para apontar os riscos aos setores do governo e viabilizar a antecipação das ações do governo diante de um quadro futuro possível, uma vez que sejam aplicados para o caso do Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: Secas. Desastre. Previsão. Nordeste.

1. INTRODUÇÃO

Os desastres podem ser definidos como eventos súbitos e calamitosos que interrompem as atividades de uma sociedade ou comunidade, causando perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais que excedem a capacidade de recuperação da sociedade ou comunidade atingida usando apenas seus próprios recursos (NATARAJARATHINAM *et al.*, 2009). São eventos que podem ter causa natural, como terremotos, furacões, fome e seca, ou serem provocados pelo homem, tais como ataques terroristas, acidentes químicos e crises políticas. Além disso, os desastres podem ser classificados por possuir início súbito ou lento. Os desastres de início súbito são aqueles que, como o nome diz, acontecem repentinamente, enquanto os de início lento vão se agravando aos poucos (PERES *et al.*, 2012).

A ocorrência de desastres vem aumentando muito ao longo dos anos. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), aproximadamente 3,3 milhões de pessoas morreram no mundo em consequência de desastres naturais entre 1970 e 2010, com um aumento significativo nas últimas duas décadas. Alguns exemplos destes desastres são o terremoto no Haiti em 2010, com 297.598 casos, a tsunami no Oceano Índico em 2004, com 241.698 casos, e o ciclone Nargis que atingiu Mianmar em 2008, com 235.293 casos (RIBEIRO, 2015).

No Brasil, o tipo de desastre que mais afeta a população é a seca e, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, apenas na região Nordeste os danos atingiram mais de 41 milhões de pessoas afetadas entre 1991 e 2012 (CEPED, 2015). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, apenas no primeiro semestre de 2016, a seca tanto de curto quanto de longo prazo foi extrema, principalmente nos estados do Maranhão, Bahia, Piauí, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte (com os 3 últimos com maior número de municípios em estado de emergência). Ao longo do ano de 2016, todos os estados do Nordeste tiveram situação de emergência decretada (quase 1,1 mil cidades) e o estado do Ceará apresentou 5 secas seguidas desde 2011, com níveis de reservatórios em 8,8%, o pior nível em 20 anos (INMET, 2017).

O maior impacto da seca no Brasil é que ela afeta diretamente o ecossistema, tornando difícil o desenvolvimento da agricultura e a criação de animais e, segundo a Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), a Agricultura e Pecuária juntas são responsáveis por 23% do PIB do país (PEDUZZI, 2015). No último ano, por exemplo, a produção de milho no Nordeste teve um déficit de 3,6 milhões de toneladas e os indicadores mostram tendência de déficit até 2025, com média de 2,5 milhões de toneladas. O milho é o segundo grão mais importante para a agricultura brasileira, representando 41,43% da produção de grãos (safra 2013/2014) (LOPES, 2016). Dessa forma, destaca-se a grande perda econômica e de oportunidade que secas podem trazer, além de provocar a falta de recursos econômicos, gerando fome e miséria (IMEA, 2015).

Além das questões de desenvolvimento da agricultura, criação de animais, fome e miséria, as chuvas também têm influência no comportamento das secas. Segundo Bezerra (2002), a precipitação média anual no Nordeste é baixa, irregular, além de ter temperaturas elevadas e alta incidência solar, gerando altas taxas de evaporação. É preciso, portanto, entender o comportamento e distribuição da chuva na região para melhor prever os possíveis desastres. Em estudo sobre a variação pluviométrica no Nordeste, Silva *et al.* (2010) conclui que a esta variação não é uniforme em todo o Nordeste e a região do semiárido tem o maior coeficiente de variação de precipitação.

Desta forma, a exploração agrícola e pecuária tem uma produção instável e decrescente com 2 a 3 anos de boas safras a cada 10 anos, e o gado apresenta dizimação nas secas e perda de peso. A região como um todo apresenta vulnerabilidade grande, com fome e miséria, apresenta elevada taxa de analfabetismo e déficit em serviços básicos, sendo 55% da população do semiárido considerada indigente pelo mapa da fome do IPEA. A região do semiárido chama atenção pois representa 36% da população nordestina (9,2 milhões de habitantes) e com um quadro tão grave que necessita de estudos que possam ajudar a mitigação ou a resposta de tais desastres. O objetivo deste trabalho, portanto, é fazer uma revisão dos principais estudos acadêmicos que abordam as secas no nordeste do Brasil a fim de entender quais foram as políticas implementadas historicamente para lidar com este tipo de desastre, se foram bem-sucedidas ou não, e analisar quais métodos de previsão de

secas já foram estudados na literatura. Esta última etapa tem como objetivo entender quais as variáveis podem ser consideradas em modelos de previsão que, por sua vez, podem ajudar no planejamento e execução deste tipo de operação.

O trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2 será apresentada a revisão da literatura com os principais trabalhos acadêmicos feitos nesta área, na seção 3 são apresentadas algumas iniciativas do governo para minimizar os efeitos da seca. A seção 4 apresenta alguns métodos já estudados sobre previsão de secas e, por fim, a seção 5 apresenta as principais conclusões deste estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi feita inicialmente na base de dados Scopus, onde foram selecionadas as palavras DROUGHT, BRASIL e NORDESTE. Dos 9 resultados encontrados, apenas 1 foi considerado relevante (Silva *et al.* 2016) para a análise deste artigo pois os outros artigos abordavam questões biológicas da flora do Nordeste além de apresentarem estudos científicos sobre reprodução de diferentes espécies. Além da Scopus, também foram feitas pesquisas no Google Scholar a fim de cobrir o estado da arte sobre este tema.

Existem 4 trabalhos importantes nesta área que buscam fazer uma revisão histórica das secas e as respectivas políticas públicas implementadas.

Girão (2010) apresenta a evolução de estudos climáticos no Brasil, e uma revisão histórica das secas no Nordeste e suas consequências. Segundo o autor, é fator essencial embasar linhas de investigação voltadas para: 1º identificação de dinâmicas climáticas a partir de séries temporais e observações/percepções; 2º reconhecimento das consequências de eventos meteorológicos e climáticos extremos e 3º avaliação de políticas públicas voltadas para minimizar eventos climáticos impactantes. Em todos os casos busca-se reconhecer como a dinâmica climática regional pode influenciar sobre a dinâmica populacional e socioeconômica, e mesmo de outros elementos naturais que compõem o quadro físico regional.

Travassos *et al.* (2013) fazem uma revisão histórica do desenvolvimento das políticas públicas ao longo de diferentes governos, tanto para a seca quanto para a desertificação no Nordeste. Afirmam que os resultados esperados ainda não foram alcançados, principalmente por conflitos de interesse e diferentes formas de enxergar o problema.

Silva (2007) faz uma revisão das políticas públicas e investimentos já adotadas pelo governo para combate às secas, fazendo uma revisão histórica, e também analisa socialmente a convivência com o semiárido.

Campos e Studart (2004) abordam as principais formas de combate à seca, de forma histórica, como a adaptação de camelos no Ceará (em 1859), a transposição do São Francisco e a Açudagem, criação de uma infraestrutura hidráulica, que veio a ser implantada pela SUDENE. O autor ainda ressalta a importância das previsões e conhecimento do total da chuva total precipitada para a produção agrícola de um local, dando destaque para a previsão do inverno.

Outros trabalhos que merece destaque é Silva *et al.* (2016) que defende que é comum a prática de ações pontuais decorrentes da falta e/ou deficiência de políticas frequentes relacionadas às condições de convívio com a seca no semiárido. O que existe é a má distribuição e aproveitamento dos recursos hídricos no curto período de chuvas e algumas práticas ineficientes de utilização do solo e da vegetação. Silva *et. al* (2016) sugerem políticas públicas permanentes pois são apropriadas à região semiárida para superar estruturas de desigualdades socioeconômicas, incentivando o desenvolvimento regional através da geração de empregos, auxílios financeiros e de maior apoio a agricultura, considerando também a continuação dos estudos sobre a convivência harmoniosa com a caatinga e o clima.

Hastenrath (2011) discute o impacto humano das secas, assim como o ciclo e a evolução da previsão do clima, e seus fatores essenciais, como os dados estarem rapidamente disponíveis para que a previsão tenha um bom lead time.

Soares (2013) discute o projeto da transposição do São Francisco, seus prós e contras e algumas soluções

já adotadas. Ressalta que para esse projeto dê certo, é necessária uma maior conscientização das pessoas e uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos. Segundo o autor, é importante empreender esforços na busca por ações conjugadas, que passam por um melhor aproveitamento dos poços artesianos, açudes e cisternas.

Macedo *et al.* (2010) fazem uma análise de precipitação no estado da Paraíba, onde as 3 sub-regiões definidas apresentaram secas severas, e foi confirmado a grande variabilidade da chuva e sua escassez, principalmente para região do semiárido que apresentou a maior quantidade de secas. As secas mais severas foram de 1991 até 1995, devido ao fenômeno El-Niño.

Nelson e Finan (2009) fazem uma análise da vulnerabilidade do estado do Ceará devido às secas e as formas de adaptação.

Lopes (2016) faz uma análise de opções para a rota de abastecimento de milho para Fortaleza (CE), que tem sua produção afetada pela seca e elevados custos de transportes.

A partir da leitura dos estudos citados nesta seção, sobre as secas no Brasil, serão apresentadas, na seção seguinte, as principais políticas públicas feitas para tratar essa questão e suas respectivas consequências.

3. INICIATIVAS DO GOVERNO PARA MINIMIZAR OS EFEITOS DA SECA

As tentativas do governo de mitigar os efeitos da seca não são de hoje. Há muitos anos são criadas organizações e várias medidas vêm sendo tomadas, porém problemas como a influência política, desvio de dinheiro e baixo orçamento impedem que algumas ações tomadas sejam eficientes. Em seguida, será abordado em mais detalhes o histórico de ações realizadas, algumas que não atingiram as expectativas e outras que até hoje são fundamentais para a sobrevivência de muitas famílias brasileiras.

As políticas de combate aos efeitos da seca tiveram início em outubro de 1909, com a criação da Inspeção de Obras Contra as Secas - IOCS que não foi suficiente para aliviar os efeitos da seca, pois os custos foram maiores do que o orçado (TRAVASSOS *et al.*, 2013).

Em 1918, a seca passou a ter uma maior atenção. As soluções propostas, porém, não divergiam do que era executado em pequena escala nos anos anteriores: escavações de poços e construção de açudes e barragens, com o propósito de acumular a água dos períodos de grande precipitação pluviométrica (TRAVASSOS *et al.*, 2013).

Em 1981, houve uma grande importação de máquinas, equipamentos e até cimento, para construção de açudes, estradas de ferro e rodovias que cortaram o interior do Nordeste. A política para a região, portanto, era a de construir imensos reservatórios artificiais de água (TRAVASSOS *et al.*, 2013).

Porém, máquinas e equipamentos do DNOCS (novo IOCS) eram utilizados por fazendeiros e coronéis para satisfazer seus interesses próprios, muitas obras eram realizadas com recursos públicos em propriedades particulares, muitos recursos eram desviados e, também, ocorria a diminuição dos investimentos por questões políticas, já que grandes fazendeiros se beneficiavam da miséria, que constituía seu principal capital político. (TRAVASSOS *et al.*, 2013).

Segundo Travassos *et al.* (2013), outro importante momento de execução de políticas públicas no semiárido, ocorreu durante o governo de Juscelino Kubitschek, quando é criado o GTDN (Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste). Esse grupo nasceu com o objetivo de discutir, debater e apresentar, em no máximo dois anos, um diagnóstico completo, bem como um conjunto de propostas para o desenvolvimento do Nordeste.

A Sudene (Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste) foi criada em 1959 para promover o desenvolvimento da região Nordeste. Porém, ela foi extinta em 2001 devido ao grande número de denúncias de desvios de recursos públicos que seriam destinados para projetos de desenvolvimento. (Folha de São Paulo, 2003)

No seu lugar, foi criada a Agência de Desenvolvimento do Nordeste (ADENE), com uma importância e

atuação muito menor na região.

A SUDENE foi reativada pelo governo Lula, sob a promessa de não ser um cabide de empregos, não ser paternalista nem apadrinhar pessoas ligadas ao poder. Apesar dessas promessas, a SUDENE ressuscitada ainda se encontra à espera de uma definição mais precisa das suas atribuições dentro do Nordeste semiárido.

Atualmente, o governo através do Ministério da Integração Nacional, desenvolve ações e projetos que somam mais de R\$ 30 bilhões para mitigar os efeitos da seca. O foco dos projetos é garantir abastecimento de água, melhorar a oferta de água – em quantidade e em qualidade – amenizar as perdas econômicas dos agricultores e revitalizar as bacias dos rios, principalmente do São Francisco. (TRAVASSOS *et al.*, 2013)

Para isso, desde 2011, o ministério atua com medidas emergenciais, como a Operação Carro-Pipa, para a distribuição de água, e a instalação de cisternas, para que as pessoas possam tanto coletar a água da chuva quanto colocar essa água dos carros-pipa. O uso de carros-pipas é insuficiente para sanar a demanda de água da população. Essa ação apenas atenua por curto tempo a falta de água, entretanto não modifica a situação da população.

Além disso, existem as políticas de longo prazo como o Bolsa Estiagem, o Plano Safra Semiárido, que visa garantir a segurança hídrica da população e proteger as atividades produtivas locais, e a transposição do rio São Francisco, que deve levar água a mais de 12 milhões de pessoas.

O Bolsa Estiagem foi criado em 2012, pelo Governo Federal, para fornecer uma ajuda de R\$ 80,00 às famílias de agricultores que vivem em municípios em situação de emergência ou calamidade pública. O programa já beneficiou mais de 676,4 mil pessoas em 1.112 municípios, com verba de R\$ 1,7 bilhão (BRASIL 247, 2014).

O Plano Safra promove o financiamento da Agricultura Familiar. Ele tem papel fundamental, pois através dele o governo assegura a permanência no campo de milhões de famílias proprietárias de pequenos negócios rurais, responsáveis por boa parte do abastecimento interno de alimentos. Os empréstimos estão sendo ofertados a pequenos agricultores de 4,4 milhões de propriedades rurais de pequeno porte a juros que variam entre 2% e 5,5% ao ano (PORTAL BRASIL, 2016).

Ainda que todas as medidas tomadas ao longo dos anos tenham surtido algum efeito, este efeito age sempre na fase de resposta ou recuperação ao desastre. Quando agimos antes do desastre ocorrer, tentando mitigar a probabilidade de ocorrência ou se preparando para lidar com suas consequências, conseguimos evitar os impactos mais severos. Conforme visto na revisão da literatura e na revisão histórica das políticas públicas já implementadas no Brasil, percebemos que não há planejamento que considere a previsão das secas. Por isso, a seção seguinte apresenta alguns métodos de previsão das secas bem como as principais variáveis relacionadas a este tipo de desastre.

4. PREVISÃO DE SECAS – POSSÍVEIS MÉTODOS E VARIÁVEIS

Os estudos sobre o clima evoluíram grandemente nas últimas décadas e permitiram concluir que o fenômeno das secas é consequência da interação entre a circulação global da atmosfera e os oceanos tropicais, como é o caso das secas no semiárido do Brasil decorrente do fenômeno El Niño no oceano pacífico equatorial (NOBRE, 2017).

Ainda existem outras causas subjacentes às secas cujo entendimento permite se prever, com alguma antecedência, a probabilidade de um período de chuvas do semiárido do Nordeste do Brasil ser deficiente, normal ou abundante. Estas previsões climáticas, que vêm sendo aperfeiçoadas ao longo do tempo, são utilizadas para apoio ao planejamento agrícola, à gestão hídrica e à mitigação de desastres naturais (NOBRE, 2017).

De acordo com Freitas (2015), o semiárido brasileiro é caracterizado por uma grande variabilidade temporal e espacial de sua precipitação, acarretando um processo de intermitência em seus principais cursos d'água. Existe, portanto, uma urgência na implementação de modelos que ajudem a diminuir essas incertezas. E estes modelos devem incluir a análise das causas meteorológicas dinâmicas, como é o caso do El Niño, por exemplo.

Ao longo deste século, alguns métodos foram aplicados a fim de fazer a previsão das secas no Nordeste do Brasil. Alguns deles buscavam relacionar o número de manchas solares e o total precipitado, outros buscavam uma correlação entre variáveis como pressão do ar e temperatura da superfície do mar (Freitas, 2015, apud. Walker, 1928). No entanto, estes métodos não conseguiram desenvolver um modelo de predição.

Diversos autores relataram possível relação entre o fenômeno do El Niño e da Oscilação Sul (Southern Oscillation) e o comportamento pluviométrico no Nordeste do Brasil, ao lado da influência do posicionamento da Zona de Convergência Intertropical, dentre outros aspectos (FREITAS, 2015).

Freitas (2015) mostra esta relação nos Estados do Ceará e do Piauí, com as alternâncias entre períodos úmidos e secos e os anos ENSO. De modo geral, ocorrem anos de secas após anos de ocorrência do fenômeno do El Niño. Isto aconteceu por exemplo nos anos 1965, 1969, 1971, 1982, 1986, 1992 e 1997. O ano seguinte a um ano de El Niño, entretanto, nem sempre é um ano seco, como em 1912, 1924 e 1926. Há também anos secos que não seguiram anos de El Niño, como por exemplo, 1936 e 1979 (FREITAS, 2015).

Freitas (2015) usa, para o desenvolvimento de métodos de previsão de secas no Nordeste do Brasil, análise dos fenômenos de circulação global, especialmente o ENSO (El Niño-Southern Oscillation) e correlações entre a precipitação no Nordeste do Brasil e parâmetros relativos à circulação, como a temperatura da superfície do mar (Sea Surface Temperature, SST) e diferença de pressão no Pacífico (Darwin-Tahiti), que permitem uma estimativa da precipitação futura. Os dados utilizados foram as anomalias na temperatura da superfície do mar (SSTs) e a diferença de pressão do Pacífico, e foram homogeneizados para levar em consideração a mudança no método de medição e densidade de dados, por exemplo.

Freitas (2015) usa, com as variáveis explicadas acima, um modelo de regressão, usando tabelas de probabilidades condicionadas. Para a modelagem, classificou os anos em úmidos, normais e secos com base nas probabilidades de excedência da precipitação. Foram utilizadas 30 estações de monitoramento de precipitação no Estado do Ceará, para observar a dependência do El Niño e a ocorrência de seca no Estado.

De acordo com Freitas (2015), outro método de previsão que teve significativo progresso nos campos do reconhecimento do padrão e teoria de sistemas foi o uso de redes neurais artificiais. As redes neurais têm uma estrutura matemática bastante flexível e são capazes de identificar relações não lineares e de descrever processos complexos. Uma característica fundamental das redes neurais é a capacidade de aprendizado. A principal vantagem das redes neurais é o uso de técnicas matemáticas bastante avançadas, as quais permitem obter, com um determinado nível de acuidade e antecedência, uma estimativa do total a ser precipitado ou escoado numa determinada região durante o período chuvoso. Este resultado tem um grande valor para a otimização da operação de reservatórios, em especial, quando acoplado aos modelos de geração de vazão (Freitas, 2015 *apud* Freitas & Bilib, 1997). Freitas (2015) testou o uso dos SSTs dos oceanos Pacífico e Atlântico através de redes neurais.

Segundo Paulo (2004), para fazer predição da seca, as variáveis a serem utilizadas devem ser variáveis climáticas e eventualmente variáveis hidrológicas, por exemplo o escoamento ou os níveis de armazenamento das albufeiras. A variável mais importante é a precipitação pois é ela quem determina a disponibilidade de água; quando o viés da análise tem a perspectiva agrícola, a evapotranspiração e a reserva de água no solo também devem ser consideradas. Portanto, Paulo (2004) usa, já que o objetivo do seu estudo é a caracterização das secas essencialmente do ponto de vista meteorológico, variáveis de precipitação e evapotranspiração.

Os modelos clássicos de séries temporais para dados hidrológicos, baseiam-se em distribuição de frequências e partem da premissa de que a variável de interesse é aleatória, independente e identicamente distribuída. Para que isso seja possível, é preciso discretizar a série, caso ela seja contínua, e fixar intervalos de tempo para os quais a variável possa ser considerada independente (PAULO, 2004).

Existem ainda metodologias que se baseiam na estrutura de dependência serial como são os modelos auto regressivos e médias móveis (ARMA), os modelos de Markov e os modelos de processos pontuais (PAULO, 2004).

Segundo Paulo (2004), as cadeias de Markov são utilizadas, no contexto hidrológico, da seguinte forma:

existem dois estados no sistema (seco e úmido) e é feita uma classificação binária para modelar a precipitação diária. Este tipo de modelo também pode ser utilizado para analisar o estado dos reservatórios. Algumas das aplicações desta metodologia englobam a modelagem de séries de precipitação, séries de índices de seca e de séries de escoamento. Ainda segundo o autor, mais recentemente existem estudos que aplicaram cadeias de Markov na predição de períodos secos no Quênia.

Paulo (2004) propõe, então, a modelagem de séries temporais de índices de seca com aplicação da cadeia de Markov. Com base na matriz de probabilidades de transição, o autor obteve: a distribuição de probabilidades para as diferentes classes de severidade de seca, o tempo médio de permanência em cada classe de severidade, o tempo médio para a primeira visita a uma dada classe e o tempo de recorrência de uma dada classe, além da predição do estado mais provável a curto prazo (um, dois e três meses).

Segundo Sousa (2009), a modelagem de secas através de cadeias de Markov torna-se bastante prática usando o índice SPI, Standard Precipitation Index, um índice que define e monitora secas locais. Este índice também identifica períodos de seca e a severidade das secas em diferentes intervalos de tempo. Os intervalos de tempo mais analisados são geralmente o mensal (SPI-1 mês) e o sazonal ou trimensal (SPI-3 meses). O cálculo do SPI é feito através da distribuição de probabilidades da precipitação do período escolhido. Assim, os valores do índice SPI dependem da função de distribuição escolhida, dos valores da amostra a partir dos quais são determinados os parâmetros da distribuição e, também, do método de estimação. Este índice, além de ser flexível, pois pode ser calculado para vários intervalos de tempo, depende apenas dos dados da precipitação acumulada. Portanto, ele permite não só o monitoramento da precipitação, mas também detecta as possíveis anomalias, e o início de uma seca, que por ter na maior parte das vezes um início lento, é difícil de detectar. Além disso, o SPI permite também monitorar o desenvolvimento e dissipação da seca.

No entanto, Sousa (2009) defende que existem algumas dificuldades na aplicação das cadeias de Markov à seca em relação ao número de estados do sistema e à atribuição de valores a esses intervalos. É necessário, portanto, fazer uma discretização das classes do SPI.

Mude *et al.* (2009) elaboraram um modelo de previsão de desnutrição infantil no Quênia, prevendo o MUAC (mid-upper arm circumference – média da circunferência do braço) de crianças. As variáveis utilizadas foram momentos de MUAC (controlando a distribuição da medida MUAC na comunidade), dinâmica do rebanho, dividido em grande (como camelos) e pequeno (como ovelhas), ajuda alimentar, além de variáveis biofísicas como chuva e sazonalidade, através de variáveis dummies para certos meses. Assim, foi criado um modelo estatístico para esta previsão, tendo sido testado para previsão de 1 mês e 3 meses à frente. O primeiro teve uma performance um pouco maior. Assim, foi mostrado ser possível prever um indicador humano, com variáveis que não são difíceis de coletar. O modelo também é facilmente atualizado, e é uma ferramenta muito importante para prever emergências.

5. CONCLUSÃO

A seca atinge a região Nordeste do Brasil há muitos anos, causando morte de animais e da vegetação, fome, miséria e doenças para a população local e ainda afeta a economia do país, devido à importância da agricultura e pecuária da região para o abastecimento interno do país e para a exportação. Porém, o governo ainda tem muitas dificuldades de combater os efeitos da seca. Desde 1909, organizações foram criadas na tentativa de investir em projetos que visam reduzir tais efeitos, porém muitas fracassaram por causa de desvio de dinheiro e recursos, beneficiando políticos e grandes fazendeiros. Em contrapartida, iniciativas como o Plano Safra e o Bolsa Estiagem ajudam até hoje muitas famílias a sobreviver.

Dessa forma, é muito importante o estudo de modelos de previsão das secas, para viabilizar a antecipação das ações do governo, permitindo um melhor planejamento da mitigação dos efeitos desse desastre. Porém, nenhum deles permitiu o desenvolvimento de um modelo de previsão que pudesse ser usado no Nordeste Brasileiro. Durante as pesquisas, foi verificado que diversas variáveis para os métodos foram aplicadas,

relacionando diferentes tipos de variáveis como pressão do ar, temperatura da superfície do mar e a precipitação anual, o fenômeno El Niño, a temperatura da superfície do mar e a diferença de pressão no Pacífico, a dinâmica dos rebanhos do local estudado, e o MUAC como forma de previsão de desastre.

Dentre os modelos estudados, a maioria usou modelos de regressão, usando ferramentas estatísticas. Outro destaque foi a possibilidade do uso de Cadeias de Markov para a previsão de índices de seca, como o SPI. Outro método de previsão foi o uso de redes neurais artificiais, que permite obter, com um determinado nível de acuidade e antecedência, uma estimativa do total a ser precipitado ou escoado em uma determinada região durante o período chuvoso.

Sendo assim, este artigo sugere como estudo futuro a elaboração de um modelo que seja aplicado para o Nordeste Brasileiro, se espelhando, por exemplo, em Mude *et. al* (2009) adaptando suas variáveis, como rebanho e variáveis biofísicas, e usando ferramentas estatísticas como no trabalho, ou realizar a previsão por Cadeias de Markov.

Como estudos futuros também se sugere a comparação das diferentes metodologias, como Cadeias de Markov e redes neurais, a fim de concluir qual método melhor se adequa às condições do Nordeste brasileiro.

REFERÊNCIAS

Bezerra, N. F. Água no semiárido Nordestino: Experiências e desafios. In: *Seminário: Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido*. Fortaleza. 2002.

Brasil 247. Bolsa Estiagem é Ampliado até o final de 2014. Disponível em: <http://www.brasil247.com/pt/247/pernambuco247/138932/Bolsa-Estiagem-%C3%A9-ampliado-at%C3%A9-o-final-de-2014.htm> . 2014.

Campos, José Nilson B.; STUDART, Ticiana Marinho de Carvalho. Secas no nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. In: Boletim Trimestral do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFCE, n. 14, nov-dez. 2004.

CEPED UFSC Seca e Estiagem no Brasil – Conheça os Dados, Referências e Outras Informações. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/seca-e-estiagem-no-brasil-conheca-os-dados-ate-2012>. 2015

Folha de São Paulo. Entenda o caso da extinção da Sudene e da Sudam. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/brasil/ult96u50377.shtml>. 2003. São Paulo.

Freitas, Marcos Irton de Sousa. A PREVISÃO DE SECAS E A GESTÃO HIDROENERGÉTICA: O CASO DA BACIA DO RIO PARNAIBA NO NORDESTE DO BRASIL. 2015.

Girão, Osvaldo. Reconstrução do Clima no Nordeste Brasileiro - Secas e Enchentes do Século XIX. 2012.

Hastenrath, Stefan. Exploring the climate problems of Brazil's Nordeste: a review. 2011.

IMEA – Instituto Brasileiro Matogrossense de Economia Agropecuária Entendendo o mercado do milho. Workshop Jornalismo Agropecuário. 2015

INMET Instituto Nacional de Meteorologia (2017) Situação da seca observada nas regiões norte e nordeste do Brasil em 2016.

Lopes, E. P. Milho no Nordeste em tempos de estiagem: como a logística e infraestrutura adequada podem garantir abastecimento? CNA Brasil Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil. 2016.

Macedo, Maria José Herculano; Guedes, Roni Valter de Souza; Sousa, Francisco de Assis Salviano de; Dantas, Fabiane Regina da Cunha. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. 2010.

Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento; Instituto Nacional de Meteorologia. Situação da seca observada nas regiões norte e nordeste do Brasil em 2016. Brasília. 2017.

Mude, Andrew; Barret, B. Christopher; McPeak John G.; Kaitho Robert; Kristjanson, Patti. Empirical forecasting of slow-onset disasters for improved emergency response: An application to Kenya's arid north. 2009.

Natarajathinam, M., I. Capar, A. Narayanan (2009). Managing supply chains in times of crisis: a review of literature and insights. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 39 (7), 535-573.

Nelson, Donald R. e Finan, Timothy J. Praying for Drought: Persistent Vulnerability and the Politics of Patronage in Ceará, Northeast Brazil. 2009.

Nobre, Carlos. Usando a ciência climática para combater a indústria da seca. 2017. Disponível em: <http://wribrasil.org.br/pt/blog/2017/01/usando-ciencia-climatica-para-combater-industria-da-seca>.

Organização das Nações Unidas – ONU

Paulo, Ana Maria Ambrósio. Metodologia de Caracterização e Previsão das Secas. Modelação Espacial e Temporal. Lisboa. 2004.

Peduzzi, P. Participação da agropecuária no PIB sobe para 23% em 2015. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2015-12/participacao-da-agropecuaria-no-pib-sobe-para-23-em-2015>. 2015.

Peres, E. Q., Jr. Brito, I., Leiras, A., Yoshizaki, H. Humanitarian logistics and disaster relief research: trends, applications, and future research directions. 2012

Portal Brasil. Plano Safra tem papel fundamental para a agricultura familiar, diz ministro. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/governo/2016/04/agricultura-familiar-com-r-28-9-bi-para-garantir-alimento-na-mesa-das-familias>. Acessado por ultimo em: jun 2017.

Ribeiro, L. Aquafluxus - Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.aquafluxus.com.br/desastres-naturais-estatisticas-recentes>. 2015

Silva, M. A. M., Frutuoso, M. N. M. A., Rodrigues S. S. F. B. e Nogueira R. J. M. C. Fatores socioambientais influenciados pela seca na conservação da caatinga. 2016.

Silva, Vicente PR; PEREIRA, Emerson R.R.; AZEVEDO, Pedro V.; SOUSA, Francisco de A.S.; SOUSA, Inajá. *Análise Pluviométrica e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. 2010.

Silva, Roberto Marinho Alves da. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-Árido: políticas públicas e transição paradigmática. 2007.

Soares, Edmilson. Universidade Estadual Paulista, Campus de Ourinhos/SP. Seca no Nordeste e a transposição do rio São Francisco. 2013.

Sousa, João Miguel Barbosa Botelho de. Previsão Sazonal de Índices de seca com modelos de Markov. Lisboa. 2009.

Travassos, Ibrahim Soares; Souza, Bartolomeu Israel de; Silva, Anieres Barbosa da. Secas, Desertificação e Políticas públicas no Semiárido Nordestino Brasileiro. 2013.