

Avaliação da capacidade de enfrentamento à seca: o exemplo da província de La Rioja (Argentina)

Danielle Gomes da Silva Listo ^{1*}, Claudia Eleonor Natenzon ², Fabrizio de Luiz Rosito Listo ³

¹Doutora em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. (*Autor correspondente: danielle.listo@ufpe.br)

²Doutora em Geografia, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

³Doutor em Geografia Física, Universidade de São Paulo, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 02/03/2024 – Revisado em: 12/03/2024 – Aceito em: 28/03/2024

RESUMO

Como fenômeno natural, histórico e comum nas regiões áridas e semiáridas do mundo, as secas ocorrem gradativamente no espaço e no tempo. A capacidade de uma sociedade de se adaptar aos efeitos das variabilidades climáticas não é apenas dinâmica, mas também depende de vários fatores inter-relacionados, incluindo instituições governamentais e sua capacidade de gerenciá-las, renda nacional, saúde e tecnologia disponível. A cada grande episódio de seca, gestores de recursos naturais e formuladores de políticas públicas destacam a complexidade das séries de impactos associados a esses eventos e a necessidade de uma gestão sob uma abordagem mais proativa baseada em riscos. Sendo assim, este trabalho busca estabelecer a capacidade de enfrentamento da população à ocorrência de eventos que induzem à escassez meteorológica na província de La Rioja, Argentina. A análise espacial baseia-se no método multicritério, e a ponderação das variáveis através do modelo Analytic Hierarchy Process - AHP. Assim, este estudo responde à necessidade de superar a falta de conhecimento sobre os riscos enfrentados pela população, e apoiar os governos no desenvolvimento de ações preventivas e planos de redução do risco de desastres, priorizando as suas ações com base nas necessidades de cada província, em uma perspectiva abrangente, mesmo face às alterações nos cenários climáticos associados às projeções SSP2-4.5 e SSP5-8.5, desde o IPCC até 2100.

Palavras-Chaves: Capacidade de enfrentamento; seca; variabilidade climática; semiárido; Argentina.

Assessment of drought coping capacity: the case of La Rioja Province - Argentina

ABSTRACT

As a natural, historical, and common phenomenon in arid and semi-arid regions of the world, droughts occur gradually in space and time. A society's ability to adapt to the effects of climatic variability is not only dynamic but also depends on various interrelated factors, including governmental institutions and their capacity to manage them, national income, health, and available technology. With each major drought episode, natural resource managers and policymakers emphasize the complexity of the series of impacts associated with these events and the need for management under a more proactive, risk-based approach. Therefore, this study seeks to establish the population's coping capacity with the occurrence of events inducing meteorological scarcity in the province of La Rioja, Argentina. Spatial analysis is based on the multicriteria method, with variable weighting through the Analytic Hierarchy Process (AHP) model. Thus, this study addresses the need to overcome the lack of knowledge about the risks faced by the population and support governments in developing preventive actions and disaster risk reduction plans, prioritizing their actions based on the needs of each province in a comprehensive perspective, even in the face of changes in climate scenarios associated with the SSP2-4.5 and SSP5-8.5 projections from the IPCC until 2100.

Keywords: Coping capacity; drought; climate variability; semi-arid; Argentina.

Listo et al. (2024). Avaliação da capacidade de enfrentamento à seca: o exemplo da província de La Rioja (Argentina).

Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto, v.5, n.1, p.92-103.



1. Introdução

Como fenômeno natural, histórico e comum nas regiões áridas e semiáridas do mundo, as secas ocorrem gradativamente no espaço e no tempo. Como seu início e fim podem ser difíceis de identificar, as secas acumulam efeitos adversos por longos períodos e, apesar de causarem tantos danos, são os desastres mais complexos e menos compreendidos.

Essa complexidade é relevante quando a seca meteorológica é entendida como um fenômeno natural em que as chuvas são imprecisas no espaço e no tempo, impactada negativamente pela redução gradual da disponibilidade hídrica a grupos vulneráveis (Wilhite, 2011).

Dada a relevância desse impacto, diferentes estudos têm sido realizados no contexto das mudanças climáticas, seja abordando os aspectos físicos (previsões de temperatura e precipitação a partir de modelos climáticos globais) ou a vulnerabilidade de populações e territórios (Santos *et al.*, 2019), pois, as mudanças climáticas, sejam naturais ou provocadas pelo homem, representam uma séria ameaça à humanidade.

A capacidade de uma sociedade de enfrentar os efeitos das variabilidades climáticas não é apenas dinâmica, mas também dependem de vários fatores inter-relacionados, incluindo instituições governamentais e sua capacidade de gerenciá-las, renda nacional, saúde e tecnologia disponível (Menezes *et al.*, 2021). Logo, o grau em que uma sociedade pode enfrentar com sucesso os desafios colocados pelas variabilidades climáticas atuais está intimamente relacionado ao desenvolvimento social e econômico, e como tal, eles não são distribuídos igualmente entre as sociedades.

Embora as variabilidades climáticas afetem todas as populações, não há dúvida de que os mais desfavorecidos economicamente (mais vulneráveis) são (e serão) os mais afetados (Orozco *et al.*, 2020). Para eles, o impacto de eventos extremos como secas, inundações e tempestades significam maior risco, pois os recursos disponíveis para o enfrentamento destes impactos são sempre mais limitados.

De acordo com o 6º Relatório de Avaliação do Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), as regiões semiáridas provavelmente estarão entre as regiões mais afetadas pelas mudanças climáticas e se tornarão mais secas (aumento de frequência e intensidade) com acentuada redução da disponibilidade hídrica (Tavares *et al.*, 2019).

A província de La Rioja (Argentina) foi selecionada em função de um elevado processo de desmatamento e mudança de uso da terra na última década, com extensa produção agrícola, cujas comunidades camponesas e indígenas possuem pouco acesso aos bens naturais - terra e água – interferindo, assim, na sua capacidade de melhorar sua qualidade de vida e produção. Assim, o objetivo desta pesquisa é analisar a capacidade de enfrentamento da população aos desastres relacionados à ocorrência de eventos indutores da escassez meteorológica em La Rioja, a fim propor ações mitigadoras considerando o potencial do domínio semiárido e árido.

2. Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A Província de La Rioja está localizada no centro-oeste da República Argentina e ocupa uma área de 89.680 km², equivalente a 3,2% do território continental do país. Limita-se ao norte com a província de Catamarca, a leste com Catamarca e Córdoba, ao sul com San Luis, San Juan e Córdoba, e a oeste com San Juan e a República do Chile, possuindo 18 departamentos e a capital La Rioja, que faz divisa com a província de Catamarca (Cabido, Zak E Biurrun 2008; Del Moral, Antúnez, Vallejos, 2018) (Figura 1).

Segundo Cabido, Zak e Biurrun (2018), sua posição geográfica determina as condições climáticas predominantes em seu território, com a cordilheira dos Andes a oeste, impedindo que soprem dois ventos do Pacífico, e dificilmente recebe umidade do Atlântico, a leste. Conforme Del Moral, Antúnez e Vallejos (2018),

La Rioja apresenta três tipos climáticos: no setor noroeste, destaca-se o clima árido de montanha ou andino de Puno e no extremo sudeste há uma estreita faixa com clima temperado de montanha, enquanto o restante da superfície provincial apresenta um clima árido de montanhas e campos.

A região árida de La Rioja é geralmente caracterizada por uma forte continentalidade, baixa umidade, forte insolação diária, claridade atmosférica, chuvas sazonais (violentas e torrenciais) e forte evaporação, além de ventos quentes e secos. A preponderância da radiação solar é muito grande, influenciando fortemente o ciclo de energia térmica.

As chuvas ocorrem principalmente no verão, sendo janeiro o mês mais chuvoso e o inverno muito seco. As precipitações diminuem de leste para oeste, com 300mm na zona fronteira com Córdoba e Catamarca, até 100mm no sopé da cordilheira dos Andes, e com balanço hídrico deficiente.

Em La Rioja, a cordilheira dos Andes aparece como uma vasta área montanhosa cuja base está na fronteira da Província de San Juan, ao sul. Caracteriza-se por apresentar uma série de planaltos e vales modelados pelos cursos das águas do sistema Bermejo.

Observam-se rochas plutônicas paleozóicas e formações rochosas fragmentadas de origem granítica e vulcânica. Nos setores mais elevados, podem ser identificados vários níveis que se intercalam entre escarpas côncavas que abruptamente se convertem em retilíneas, desnudas e com inclinação bastante acentuada produzidas pela dinâmica tectônica recente. Os fundos de vale apresentam uma morfologia bastante variada, escalonadas e com grande acúmulo de sedimentos que, devido às condições áridas, a drenagem não possui energia suficiente para o seu transporte (ROSA Y MAMANÍ, 1994).

Situado a noroeste da província, o Sistema Famatina caracteriza-se pelas suas elevações que ultrapassam os 5.000m, pelo seu embasamento metassedimentar de baixo grau e por uma importante sequência sedimentar e vulcano-sedimentar do Ordoviciano que o diferencia dos terrenos adjacentes, como a Pré-cordilheira e as Serras Pampeanas. Junto com a bacia de retroarco Famatiniense, desenvolveu-se o magmatismo cálcio-alcalino, mataluminoso, de idade Ordoviciano e, durante o Ciclo Achaiano Devoniano-Carbonífero, a tectônica extensional favoreceu a intrusão de leucogranitos peralcalinos (CANDIANI, 2010).

Na serra de Famatina encontra-se o distrito mineiro La Mejicana, com mineralizações de ouro, prata, cobre e molibdênio, relacionadas com intrusões riodacíticas e andesíticas de idade terciária, que produziram extensas áreas de alteração hidrotermal.

Na parte sul de La Rioja, as serras pampeanas apresentam blocos escarpados, elevados e inclinados constituídos de rochas cristalinas de idade pré-cambriana e paleozóica, originárias do escudo brasileiro e incluída na orogenia andina.

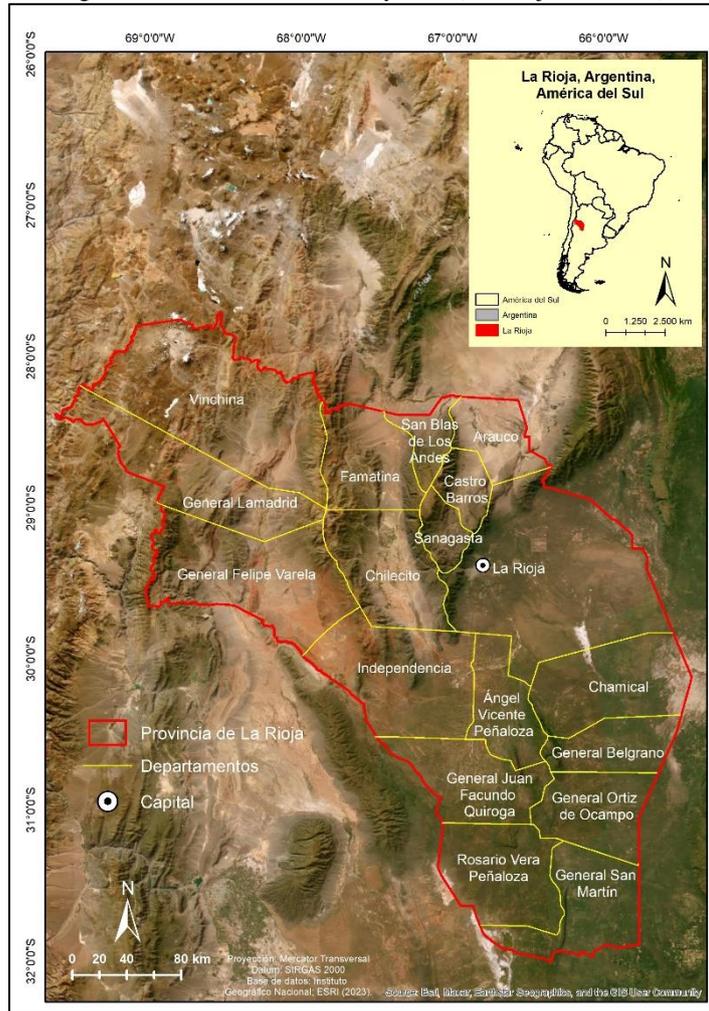
Algumas falhas deram origem a grandes encostas que delimitam os blocos, nos quais os níveis superiores correspondem a antigos planos de aplainamento. Uma dessa rede de fraturas e falhas orienta os vales e cortam as encostas, além da existência de fossas tectônicas localizadas no interior das serras ou em suas bordas, onde se individualizam superfícies planas (ROSA Y MAMANÍ, 1994).

O contato entre as serras e a região plana é de particular interesse, pois é definido por uma série de glacis ou cones de dejeção que formam um relevo inclinado a partir das encostas e, sobre os quais as águas escoam carregadas de aluviões das bacias e encostas. As planícies ou bacias interiores (planícies, campos, etc.) localizadas entre as serras são em grande parte cobertas por um manto descontínuo de sedimentos quaternários de origem aluvial ou eólica (ROSA Y MAMANÍ, 1994).

Na província, as águas superficiais estão diretamente ligadas ao clima predominante na zona, razão pela qual o balanço hídrico é negativo durante todos os meses do ano. Na verdade, como já foi indicado, as águas superficiais são um recurso extremamente escasso. Na província de La Rioja existem numerosos canais de drenagem que permanecem secos durante todo o ano, com exceção das inundações de curta duração causadas pelas tempestades de verão (DEL MORAL, ANTÚNEZ E VALLEJOS, 2018).

A direção das enchentes e a velocidade das águas são determinadas pelo relevo. Com exceção do rio Bermejo, os cursos formam bacias endorreicas e a água entra nos bancos de areia imediatamente após sair das montanhas. As águas subterrâneas também estão sujeitas à quantidade de chuvas, por isso têm fontes limitadas e, aproveitando a permeabilidade do terreno, escoam das encostas das montanhas em direção aos vales e bolsões.

Figura 1 - Localização da área de estudo (Província de La Rioja).
Figure 1 - Location of the study area (La Rioja Province).



Fonte: Instituto Geográfico Nacional (Argentina) e Base de dados ESRI (2023)
 Source: National Geographic Institute (Argentina) and ESRI Database (2023)

2.2 Modelo AHP e Indicadores de Capacidade Adaptativa

O método Processo Analítico Hierárquico (AHP) pode ser caracterizado como um dos métodos de análise multicritério mais utilizados para estudos que trabalham com múltiplos fatores condicionantes. O AHP surgiu na década de 1970 como uma importante ferramenta de apoio à decisão e tem como principal objetivo a avaliação multicritério, ou seja, consiste na escolha entre alternativas mais ou menos importantes na ocorrência de determinados processos (BISPO, 2018).

Para a modelagem da capacidade de enfrentamento à seca em La Rioja por meio da AHP foi necessária a seleção de indicadores que as condicionam na área de estudo. No presente trabalho, procurou-se adaptar o índice de capacidade adaptativa aplicado por Rosendo (2014) para três municípios do Estado da Paraíba, à realidade de dados disponíveis e características socioambientais da província, totalizando 5 indicadores (Tabela 1).

Tabela 1 - Índices de capacidade de enfrentamento.
Table 1 - Coping Capacity Indices.

DIMENSÃO	INDICADORES
CAPACIDADE DE ENFRENTAMENTO	População rural;
	Áreas agrícolas degradadas ou não aptas para a agricultura;
	Taxa de analfabetismo;
	População não atendida por programas sociais;
	Força de trabalho que depende da agricultura;

Fonte: Adaptado de Rosendo (2014) para a Província de La Rioja, Argentina.
Source: Adapted from Rosendo (2014) for the Province of La Rioja, Argentina.

Após a seleção dos indicadores, a coleta de dados sociais e econômicos se deu a partir do Censo 2010 e do Censo Agropecuário 2018, ambos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística e Censos – (INDEC, 2010 e INDEC, 2018).

Todos os indicadores foram mapeados em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica) e elaborados em uma escala de 1:100.000. Para a combinação dos mapas no processo de análise multicritério, os mapas foram convertidos em *raster* no *software ArcGIS* (licença acadêmica), por meio da ferramenta *ArcToolbox/Conversion Tools/To Raster*.

Após a criação dos *raster*, os dados de cada mapa foram representados na mesma escala, portanto, cada mapa que compõe os 5 indicadores selecionados foi normalizado em uma escala de variação dos valores em intervalos de 0 a 1 a fim de permitir a comparação pixel a pixel da análise. A normalização foi realizada no *ArcGIS*, com o uso da caixa de ferramentas *ArcToolbox/patial Analyst Tools/Reclass*.

2.3 Estruturação da AHP

A avaliação comparativa dos elementos em cada estrato da capacidade de enfrentamento consiste em um processo de julgamento por meio da atribuição de pesos. Nesse contexto, a intenção é estabelecer a importância relativa de cada elemento em um nível hierárquico em relação a cada critério presente no nível imediatamente superior (Bispo et al., 2020). A determinação dos pesos na abordagem AHP seguiu a Escala Fundamental de Saaty (1991), a qual varia de 1, indicando igual importância entre os critérios, a 9, refletindo importância absoluta de um critério em relação ao outro (Tabela 2).

Tabela 2 - Escala Fundamental da AHP.
Table 2 - Fundamental Scale of AHP.

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente com o objetivo.

3	Importância moderada de um sobre o outro	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade sobre a outra.
5	Essencial ou forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade sobre a outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida e seu domínio é demonstrado na prática.
9	Extremamente importante	A evidência favorece uma atividade sobre a outra.
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando o compromisso é necessário.

Fonte: Saaty (1991).
Source: Saaty (1991).

Para atribuir os pesos às variáveis, foram utilizados como referência os trabalhos de Rosendo (2014), MMA-Brasil (2017), Olimpio (2017), Oliveira (2017) e Sena (2017).

Através da consideração dos critérios previamente estabelecidos, empregou-se uma matriz quadrada na qual foi conduzida uma análise comparativa entre pares. Esse processo resultou na atribuição de um peso específico a cada critério, fundamentado nos pesos derivados da Escala Fundamental de Saaty. Consequentemente, foi constituída a matriz de comparação paritária (Quadro 1).

Quadro 1 - Matriz quadrada de correlação pareada.

Table 1 - Square matrix of paired correlation.

Critérios	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₁	1	C ₂₁ =1/C ₁₂	C ₃₁ =1/C ₁₃	C ₄₁ =1/C ₁₄	C ₅₁ =1/C ₁₅
C ₂	C ₁₂	1	C ₃₂ =1/C ₂₃	C ₄₂ =1/C ₂₄	C ₅₂ =1/C ₂₅
C ₃	C ₁₃	C ₂₃	1	C ₄₃ =1/C ₃₄	C ₅₃ =1/C ₃₅
C ₄	C ₁₄	C ₂₄	C ₃₄	1	C ₅₄ =1/C ₄₅
C ₅	C ₁₅	C ₂₅	C ₃₅	C ₄₅	1

Fonte: Saaty (2008).
Source: Saaty (2008).

Seguindo a análise comparativa por meio da matriz quadrada, procede-se à normalização dos valores. Esse procedimento envolve a divisão do valor de cada par pela soma dos valores em cada coluna. Assim, para obter o peso (wi) associado a cada critério, efetua-se a divisão do somatório de cada linha (ΣL) pelo número total de critérios considerados (Quadro 2).

Quadro 2 - Matriz de normalização dos critérios.

Table 2 - Criteria normalization matrix.

Critérios	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	Wi
C ₁	1/ΣC ₁	C ₂₁ /ΣC ₂	C ₃₁ /ΣC ₃	C ₄₁ /ΣC ₄	C ₅₁ /ΣC ₅	ΣL ₁ /5
C ₂	C ₁₂ /ΣC ₁	1/ΣC ₂	C ₃₂ /ΣC ₃	C ₄₂ /ΣC ₄	C ₅₂ /ΣC ₅	ΣL ₂ /5
C ₃	C ₁₃ /ΣC ₁	C ₂₃ /ΣC ₂	1/ΣC ₃	C ₄₃ /ΣC ₄	C ₅₃ /ΣC ₅	ΣL ₃ /5
C ₄	C ₁₄ /ΣC ₁	C ₂₄ /ΣC ₂	C ₃₄ /ΣC ₃	1/ΣC ₄	C ₅₄ /ΣC ₅	ΣL ₄ /5
C ₅	C ₁₅ /ΣC ₁	C ₂₅ /ΣC ₂	C ₃₅ /ΣC ₃	C ₄₅ /ΣC ₄	1/ΣC ₅	ΣL ₅ /5

Fonte: Saaty (2008).
Source: Saaty (2008).

Para avaliar a consistência hierárquica, conforme delineado por Saaty (1991), é essencial que a matriz exiba um nível de inconsistência ou margem de erro não superior a 0,10. Caso essa margem seja ultrapassada, torna-se imprescindível realizar aprimoramentos por meio da execução efetiva dos julgamentos, garantindo que a soma dos pesos calculados resulte em 1,0 (um).

Posterior à análise comparativa por pares, busca-se a determinação do índice de consistência para ratificar a confiabilidade dos resultados alcançados (cálculo da Razão de Consistência – RC). Esse procedimento possibilita a avaliação da inconsistência em relação à ordem da matriz de julgamento (Equação 1).

$$RC = IC / IR \quad (1)$$

Onde: **RC** = Razão de Consistência; **IC** = Índice de Consistência e **IR** = Índice Randômico.

O Cálculo do Índice de Consistência (IC) avalia o grau de inconsistência da matriz de julgamentos paritários, conforme a Equação 2.

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1), \text{ onde o } \lambda_{max} = 1/n \sum_{i=1}^n [Aw] / w_i \quad (2)$$

Onde: **n** = número de ordem da matriz; **λmax** = autovetor; **Wi** = pesos calculados e **Aw** = Produto entre Wi com a matriz de correlação pareada.

A aceitabilidade da inconsistência na matriz é estabelecida pelo "Índice Randômico", o qual é derivado de uma tabela de valores (Tabela 3) e é dependente da dimensão da matriz de comparação. O IR é determinado para uma matriz randômica recíproca, composta por elementos não-negativos. Diversos tamanhos de matriz N foram aproximados por Saaty (2008), utilizando uma base considerável de simulações laboratoriais.

Tabela 3 - Valores de IR em função da ordem da matriz quadrada.
Table 3 - IR values as a function of the order of the square matrix.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0	0	0,53	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59

Fonte: Saaty (2008).
Source: Saaty (2008).

Com base no Índice de Consistência (IC) e no Índice Randômico (IR), obtém-se o valor da Razão de Consistência (RC). A RC avalia a coesão e a consistência das relações de importância consideradas na análise. Se a RC ultrapassar 0,10, é recomendado reavaliar os julgamentos, pois indica a presença de incoerências. Quanto mais próxima de "0" for a razão de consistência, maior será a coesão do modelo. Para valores de RC > 0,10, sugere-se uma revisão na matriz de comparações, conforme Saaty (1991).

3. Resultados e Discussão

A dimensão capacidade de enfrentamento, nesta pesquisa, foi entendida como a incapacidade que a população possui de enfrentar/se recuperar das adversidades de uma seca prolongada. O fator condicionante com maior importância para a capacidade de enfrentamento foi a taxa de analfabetismo com peso de 0,30, o que significa 30% de influência (Tabela 4).

Tabela 4 - Peso obtido pelo método AHP para dimensão capacidade de enfrentamento.
Table 4 - Weight obtained by the AHP method for coping capacity dimension.

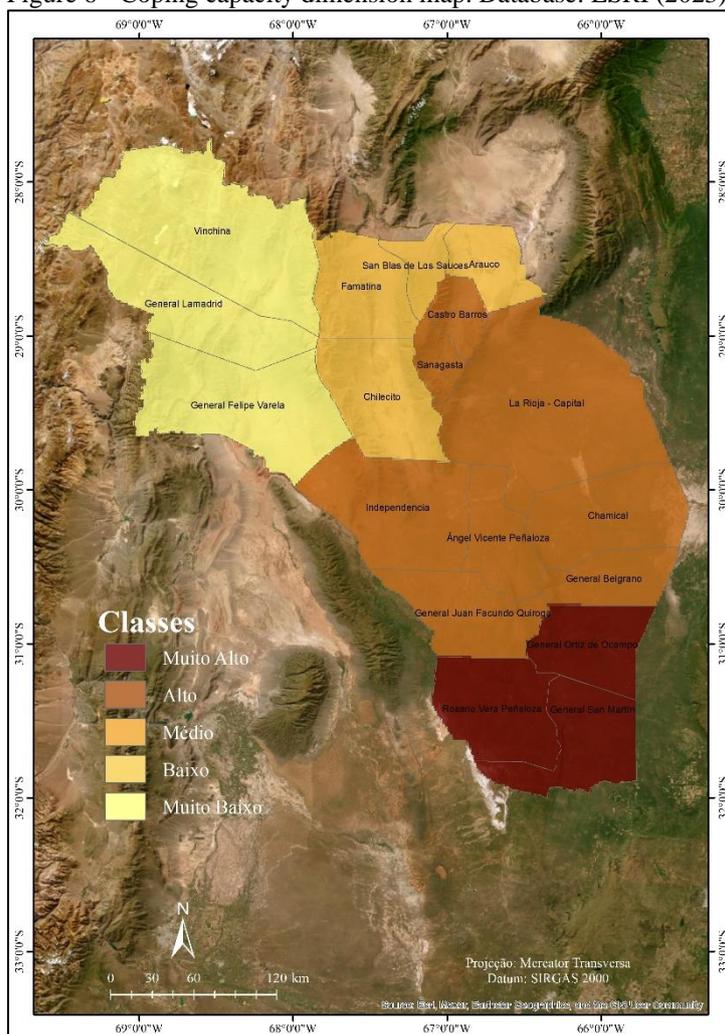
Aspecto	Taxa de analfabetismo	População não atendida por programas sociais	Força de trabalho que depende da agricultura	População rural	Áreas agrícolas degradadas ou não aptas para a agricultura	Wi (Peso)
Taxa de analfabetismo	0,27	0,50	0,20	0,38	0,17	0,30
População não atendida por programas sociais	0,09	0,17	0,20	0,25	0,33	0,21
Força de trabalho que depende da agricultura	0,27	0,17	0,20	0,13	0,17	0,19
População rural	0,09	0,08	0,20	0,13	0,17	0,13
Áreas agrícolas degradadas ou não aptas para a agricultura	0,27	0,08	0,20	0,13	0,17	0,17

O segundo critério condicionante com maior importância foi a população não atendida por programas sociais, com peso de 0,21, ou seja, 21% de influência sobre o valor final da capacidade de enfrentamento. Somados a esses, a força de trabalho que depende da agricultura, população rural e áreas agrícolas degradadas receberam pesos 0,19 ou 19%, 0,13 ou 13% e 0,17 ou 17% respectivamente de influência para a capacidade de enfrentamento.

Os valores estão de acordo com pesquisas realizadas por Rosendo (2014), Oliveira (2017), Lemos (2020) e Brito (2021). A razão de consistência obtida para o cenário de capacidade de enfrentamento foi de 0,08, isso indica que os julgamentos apresentaram consistência aceitável de acordo com Saaty (1991, 2008).

Os departamentos que apresentaram menor capacidade de enfrentamento foram Vinchina, General Lamadrid e General Felipe Varela (Figura 2). A incapacidade de lidar com as adversidades advindas com a seca se deve à grande taxa de analfabetismo da população residente nestes departamentos associado à grande dependência da força de trabalho à agricultura.

Figura 6 - Mapa da dimensão capacidade de enfrentamento. Bases de dados: ESRI (2023).
 Figure 6 - Coping capacity dimension map. Database: ESRI (2023).



Os departamentos que apresentaram maior capacidade de enfrentamento as adversidades ocasionadas pelas secas prolongadas são Castro Barros, Sanagasta, La Rioja – Capital, Independência Ángel Vicente Peñalosa, Chemical, General Juan Facundo Quiroga e General Belgrano, com índice alto; e General Ortiz de Ocampo, Rosário Vera Peñalosa e General San Martín, com índice muito alto. Este resultado se deve a baixa taxa de analfabetismo, baixa dependência da força de trabalho à agricultura e grande quantidade de famílias atendidas por programas sociais.

Os departamentos San Blas de Los Sources, Famatina, Chilecito e Arauco apresentaram capacidade de enfrentamento moderado, pois a quantidade de população analfabeta é a mesma que é atendida por programas sociais.

Diante dos resultados apresentados, é importante destacar a importância do indicador “famílias atendidas por programas de assistências sociais”, pois estes asseguram que pessoas de baixa renda, principalmente os que residem em meio rural, tenham condições melhores de enfrentar os efeitos adversos das secas prolongadas.

A “força de trabalho que depende da agricultura” é outro fator que possui peso forte na incapacidade

de enfrentamento na província, pois uma população concentrada em outras atividades econômicas, principalmente no setor de serviços, torna as chances de essa população ser afetada em longos períodos de seca consideravelmente menor.

4. Conclusão

Com base nos resultados desta pesquisa, é considerado que os departamentos com baixa capacidade de enfrentamento demandam a implementação de iniciativas educacionais e de gestão destinadas a promover o uso consciente da água. Essas iniciativas devem abranger uma matriz econômica expandida, indo além da agricultura, e incluir o fortalecimento do turismo, explorando a proximidade com a cordilheira dos Andes e o sistema Famatina. Além disso, é recomendado investir em fontes de energia renovável, aproveitando o potencial solar e eólico da região.

Para os departamentos com grau de capacidade de enfrentamento alto e muito alto, é essencial incentivar e investir economicamente, tanto em nível provincial quanto departamental. Isso não apenas para estimular a instalação de empresas, indústrias e fábricas, mas também para fortalecer as atividades agropecuárias já existentes. Além disso, é crucial proporcionar maior acesso à água subterrânea por meio da perfuração de poços, especialmente diante das severas anomalias de chuvas nessas áreas.

A implementação de programas sociais de distribuição de renda emerge como uma alternativa viável para reduzir a desigualdade social, aumentando o alcance da população beneficiada por programas já existentes. A priorização do investimento em educação e o reaproveitamento/provimento de água para o consumo pessoal são aspectos destacados. Investimentos em setores como mineração, energias renováveis e turismo são apontados como estratégias para diversificar a economia e aumentar as receitas públicas.

Os departamentos com grau de vulnerabilidade média necessitam fortalecer a infraestrutura rural e agropecuária. Em comum para todos os departamentos, destaca-se a urgência do investimento em saneamento básico, considerando que 90% dos departamentos carecem desse serviço e devem ser priorizados.

Por fim, é imprescindível ampliar a infraestrutura hídrica e promover medidas de segurança econômica para reduzir a sensibilidade e aprimorar a capacidade de enfrentamento em todas as regiões.

5. Agradecimentos

À Universidad de Buenos Aires/Secretaría de Ciencia y Tecnología da Argentina pelo financiamento do Projeto nº 20620190100007BA e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do Projeto nº 200393/2022-7.

6. Referências

BISPO, C. O. (2018). **Suscetibilidade natural e induzida à ocorrência de escorregamentos no litoral norte de Maceió, Alagoas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

BISPO, C. O.; LISTO, F. L. R.; LISTO, D. G. S.; FALCÃO, N. A. M. (2020). Suscetibilidade induzida a escorregamentos, via aplicação do método AHP. **Diversitas Journal**. V.5 (1), p. 298-314.

BRITO, A. G. M. (2021). **Vulnerabilidade socioambiental à seca: uma perspectiva do seridó potiguar**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

CABIDO, M. R.; ZAK, M. R.; BIURRUN, F. N. (2018) **La vegetación y el ambiente de la provincia de La Rioja**. 1ed. Córdoba: Ecoval Editorial.

CANDIANI, J.C. (2010). Aplicación de geofísica aérea en la cartografía de complejos magmáticos de la sierra de Famatina. La Rioja, república argentina. **VI Congreso Uruguayo de Geología**. Sociedad Uruguaya de Geología, 1-6.

DEL MORAL, D.; ANTÚNEZ, N; VALLEJOS, C. (2018). **Términos de referencia para la elaboración del Plan Director de Recursos Hídricos de la Provincia de La Rioja**. Universidad Nacional de La Rioja/ Facultad de Ingeniería de la UBA. CABA/La Rioja, diciembre. Documento de trabajo inédito.

INDEC. **Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina. Recuperado de: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-CensoProvincia-3-10-02-004-2010>. (Consulta: 20/11/2022).

INDEC. **Censo Agropecuario 2018**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina. Recuperado de: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-8-87>. (Consulta: 20/01/2023).

IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. **Climate change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability**. 328p. Recuperado de: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>. (Consulta: 15/02/2023).

MENEZES, J. A; MADUREIRA, A P; SANTOS, R. B; DUVAL, I. B; REGOTO, P; MARGONARI, C; BARATA, M. M. L; CONFALONIERI, U. (2021). Analyzing Spatial Patterns of Health Vulnerability to Drought in the Brazilian Semiarid Region. **International journal of environmental research and public health**, Vol.18(12), p.6262.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). (2017). **Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto das mudanças do clima**. Brasília: WWF-Brasil, 125p.

OLÍMPIO, J. L. S. (2017). **Análise Multicritério do Risco de Desastres Naturais: um estudo sobre a seca na região Nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

OLIVEIRA, R. B. (2017) **Vulnerabilidade à seca para a região semiárida: estudo de caso de quatro municípios do estado da Paraíba**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

OROZCO, I; MARTÍNEZ, A; ORTEGA, V. (2020). Assessment of the Water, Environmental, Economic and Social Vulnerability of a Watershed to the Potential Effects of Climate Change and Land Use Change. **Water (Basel)**, Vol.12 (6), p.1682.

ROSA, H.; MAMANÍ, M. Geomorfología de La Rioja. In: ABRAHAM, E. M.; MARTÍNEZ, F. R. **Inventario de Recursos para la Planificación y Gestión de la Región Andina Argentina**. Junta de Gobierno de Andalucía, España Universidades y Centros de Investigación de la Región Andina Argentina, 2000. Recuperado de: <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap17.htm#inhalt> (Consulta: 20/11/2022).

ROSENDO, E. E. Q. (2014). **Vulnerabilidade à seca nas regiões semiáridas brasileira e portuguesa: uma avaliação baseada em lógica Fuzzy**. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.

SAATY, T. L. (1991). **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: Mcgraw-hill.

SAATY, T. L. (2008). Relative measurement and Its generalization in decision making why Pairwise comparisons are Central in mathematics for the measurement of intangible factors the Analytic Hierarchy Process. **Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. – RACSM**. v.102, n. 2, 251–318.

SANTOS, R. B.; MENEZES, J. A.; CONFALONIERI, U.; MADUREIRA, A. P.; DUVAL, I. B.; GARCIA, P. P.; MARGONARI, C. (2019). Construção e Aplicação de um Índice de Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima para o Contexto Brasileiro: a experiência do Estado do Espírito Santo. **Saúde Soc.**, v.28, n.1, pp. 299-321.

SENA, A. R. M. (2017) Seca, vulnerabilidade e saúde: impactos no semiárido brasileiro. Tese de Doutorado, Fundação Osvaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. P. SILVA, D. G. (2019). Desertificação, Mudanças Climáticas e Secas no Semiárido Brasileiro: Uma Revisão Bibliográfica. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, pp. 385-405.

WILHITE, D. A. (2011). Breaking the Hydro-Illogical Cycle: Progresso or Status Quo for Drought Menagement in the United States. **European Water**, 34, pp.5-18.