

Degradação ambiental do Rio Grande do Sul: uma análise dos municípios e mesorregiões

Environmental degradation in Rio Grande do Sul: an analysis of cities and mesoregions

PINTO, Nelson Guilherme Machado¹; CORONEL, Daniel Arruda²

1 Doutorando em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e mestre em Administração pela UFSM, Santa Maria/RS - Brasil, nelguimachado@hotmail.com; 2 Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Administração, Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Diretor da Editora da UFSM Viçosa/MG - Brasil, Santa Maria/RS - Brasil, daniel.coronel@uol.com.br. Homepage: www.danielcoronel.com.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho consiste em analisar o padrão de degradação dos municípios e das mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul a partir da criação de um Índice de Degradação (ID). Neste sentido, foram pesquisadas 29 variáveis de 496 municípios gaúchos para o ano de 2006. O valor médio da degradação ambiental dos municípios gaúchos é de 62,95%. Esse valor é de alta representatividade e demonstra que mais da metade do território gaúcho enfrenta problemas relacionados à degradação ambiental. No que tange aos municípios, verifica-se que muitos deles possuem 100% com relação ao Índice de Degradação. Esses municípios e suas respectivas mesorregiões possuem ligação direta com a atividade agropecuária, confirmando a participação dessa atividade no agravamento do fenômeno. Além disso, as regiões mais degradadas do estado fazem parte das mesorregiões menos desenvolvidas, vindo a confirmar a premissa de que a degradação ambiental tem relação direta com o desenvolvimento socioeconômico.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação Ambiental; Rio Grande do Sul; Índice de Degradação.

ABSTRACT: The aim of this work is to analyze the degradation parameter in cities and mesoregions in the state of Rio Grande do Sul from the foundation of a Degradation Index. Thus, we studied 29 variables in 496 cities in 2006. The average of environmental degradation in the cities is of 62.95%, which is of great representativeness and demonstrates that more than half of the state faces problems related to environmental degradation. Regarding cities, we found that many of them have 100% according to the Degradation Index. These cities and their mesoregions have a direct link with the agricultural activity which confirms the involvement of this activity in the aggravation of this phenomenon. Moreover, most degraded regions of the state are part of the less developed mesoregions, confirming the prediction that environmental degradation is directly related to the socio-economic development.

KEY WORDS: Environmental Degradation; Rio Grande do Sul; Degradation Index.

Introdução

A questão da qualidade ambiental é um tema de relevância para o século XXI, visto que, em uma sociedade que adquire cada vez mais o status de consumista, aspectos ligados à degradação do meio ambiente têm suas consequências oriundas do sistema econômico mundialmente vigente. Assim, as questões ambientais tornam-se importantes temas de discussão nas diversas esferas e setores da sociedade.

A existência de problemas ambientais, como a poluição e a deterioração de elementos da natureza, possui uma relação direta com o nível de qualidade de desenvolvimento da exploração dos recursos naturais (MOTTA, 1997). De acordo com Rossato (2006), se essa exploração ocorrer a uma taxa maior do que a capacidade de regeneração dos ecossistemas, haverá escassez de recursos naturais. Assim, os responsáveis pela dinâmica econômica conciliar a preservação ambiental com a capacidade produtiva das regiões sobre seus encargos.

O surgimento de propostas com o propósito de construir indicadores ambientais começou a surgir no final da década de 1980. Esses indicadores têm como finalidade o fornecimento de auxílio na formulação de políticas públicas, acordos internacionais e tomadas de decisão dos entes públicos e privados. Ademais, os indicadores ambientais possuem como objetivo o detalhamento da interação entre a atividade realizada pela ação do ser humano e o meio ambiente (BRAGA et al., 2004; LIRA; CÂNDIDO, 2008).

Dentro de todo esse contexto de desenvolvimento ambiental e socioeconômico, surge a questão da degradação ambiental, a qual, no decorrer dos anos, apresenta-se como um grande desafio para uma diversidade de países. Esse fenômeno pode ser entendido, conforme afirma Lemos (2001), como destruição, deterioração ou desgaste gerados ao meio ambiente a partir de atividades econômicas e aspectos populacionais e biológicos. Ainda nesta

perspectiva, grande parte da degradação ambiental é oriunda da atividade agropecuária, uma vez que esta geralmente requer fortes transformações no uso do solo, proporcionando, com frequência, eventos como queimadas, poluição por dejetos e agrotóxicos, erosão e degradação dos solos, contaminação da água, desmatamento, desertificação e expansão da fronteira agrícola (LEITE; SILVA; HENRIQUES, 2011). No cenário brasileiro, essa questão tem também grande parcela decorrente da exploração da agropecuária, atividade que historicamente possui importância econômica para o país. A relevância dessa atividade consiste no grande número de empregados, no incremento de divisas via exportação através de seus produtos, nas vantagens comparativas do Brasil nesse setor e, de um modo geral, no fornecimento de alimento para a população.

Tendo em mente a relação entre degradação ambiental e exploração agropecuária, o objetivo deste trabalho consiste em analisar o padrão de degradação dos municípios e das mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul a partir da criação de um índice de degradação ambiental (ID) para os municípios gaúchos. A pertinência de se desenvolver indicadores para mensurar a degradação ambiental consiste em que, a partir deles, há a possibilidade de serem formuladas políticas públicas com a finalidade de promover um desenvolvimento econômico ambientalmente responsável e sustentável para a região estudada.

Além disso, verifica-se que estudos em degradação ambiental, a partir da construção de um índice desse fenômeno, são realizados em todas as regiões do Brasil, com exceção da Região Sul (LEMONS, 2001; SILVA; RIBEIRO, 2004; FERNANDES; CUNHA; SILVA, 2005; CUNHA et al., 2008, PAIS et al., 2012). Assim, com a escassez de trabalhos acerca da degradação ambiental nas regiões do extremo Sul do país, construir um índice de degradação ambiental para os municípios gaúchos, com embasamento nos

trabalhos empíricos, permitirá verificar semelhanças e diferenças desse fenômeno para o Rio Grande do Sul em comparação com as realidades encontradas em outras regiões.

O presente artigo está estruturado, além desta introdução, em quatro seções. Na segunda seção, é apresentado o referencial teórico. Na terceira, apresentam-se os procedimentos metodológicos aplicados e, na seção seguinte, os resultados são discutidos e analisados. Por fim, são apresentadas as principais conclusões do trabalho.

Referencial Teórico

Degradação Ambiental

A degradação ambiental pode ser entendida como destruição, deterioração ou desgaste do meio ambiente, e podem ser usados como sinônimos desse termo as expressões “devastação ambiental” e “deterioração ambiental” (LEMOS, 2001). A agropecuária é uma das responsáveis pelo agravamento desse fenômeno e, devido à importância econômica dessa atividade para a economia brasileira, as questões ambientais são colocadas em segundo plano (FERNANDES; CUNHA; SILVA, 2005).

O aspecto mais danoso da degradação ambiental ocorre quando a redução da capacidade de produção das terras assume o caráter de irreversibilidade (SAMPAIO; ARAÚJO; SAMPAIO, 2005). A desertificação, estágio mais avançado de degradação dos solos, é um fenômeno que possui vasta literatura e que está estritamente relacionado com a ação antrópica (LEMOS, 2001). Entretanto, os estudos sobre desertificação ficam limitados a áreas semi-áridas, áridas e subúmidas por ser um processo de degradação característico desses ecossistemas. A partir disso, verificar a degradação ambiental em regiões não propensas a desertificação, torna-se relevante por salientar os impactos da ação humana.

É evidente que grande parte da degradação

ambiental tem origem na interação do homem com a natureza. Além disso, a agropecuária, por atender às demandas dos mercados, surge como um dos principais responsáveis por esse processo de degradação. Os impactos ambientais decorrentes da atividade agropecuária dificilmente não ocorrerão. Isso porque toda a atividade econômica em si produz algum tipo de degradação ambiental, visto que a necessidade de utilização de matéria e energia faz com que o sistema econômico devolva ao ambiente matéria e energia degradada oriundas do seu processo de produção. Contudo, é preciso conscientizar o agropecuarista sobre a preservação ambiental e oferecer a estes meios e métodos a fim de promover uma agropecuária com desenvolvimento sustentável (MÜELLER, 1999; ARAÚJO et al., 2010).

Referente aos aspectos socioeconômicos observa-se que quanto menor o poder aquisitivo de determinada localidade maior serão seus níveis de degradação. Isso significa que há uma relação direta entre a pobreza e a degradação ambiental. Da mesma maneira, quanto mais desenvolvida for uma região no âmbito econômico, menores serão seus índices de degradação (REED; SHENG, 1997; MOTTA, 1997; LEMOS, 2001; FINCO; WAQUIL; MATTOS, 2004). Entretanto, é importante ressaltar que essa relação direta não encontra consenso na literatura, tendo a sua real natureza desconhecida e condicionada ao tipo de desenvolvimento da localidade objeto de estudo.

Evidências Empíricas

A literatura referente ao tema demonstra que alguns autores se propuseram a analisar a degradação ambiental em estados e regiões brasileiras a partir da construção de um índice de degradação ambiental, merecendo destaque os trabalhos de Lemos (2001), Silva e Ribeiro (2004), Fernandes, Cunha e Silva (2005), Cunha et al. (2008) e Pais et al. (2012).

O estudo de Lemos (2001) nos informa acerca da construção do Índice de Degradação Ambiental (ID). Esse índice é uma medida de proporção de degradação ambiental de uma determinada região objeto de estudo (SILVA; RIBEIRO, 2004). O objetivo do estudo era mapear a degradação ambiental dos municípios dos nove estados nordestinos, e o autor verificou que mais da metade dos municípios da região conviviam com mais de 80% de degradação, sendo o estado da Bahia o mais degradado. O trabalho de Silva e Ribeiro (2004) procurou estimar um ID, como uma medição do grau de intensidade da área degradada, nos municípios do estado do Acre. Os autores encontraram como resultados índices de degradação de valores baixos, em média de 30,74%, e apenas com algumas regiões que foram exceções a esse valor encontrado.

Com a finalidade de quantificar o nível de degradação dos municípios mineiros, o estudo de Fernandes, Cunha e Silva (2005) construiu seu índice com foco na área degradada dos municípios. Os resultados apontaram para um elevado índice de degradação média dos municípios, cerca de 86%, sendo que 40% deles apresentaram ID igual a 100%, ou seja, obtiveram o valor máximo do índice. Para os autores, esses resultados possuem associação com o processo histórico de desenvolvimento de Minas Gerais, que ocorreu de maneira intensiva e foi alavancado por fatores econômicos.

O estudo de Cunha et al. (2008) adotou a abordagem de que a degradação ambiental é resultado direto da exploração agropecuária. Os resultados demonstraram níveis de desigualdades microrregionais, nos quais as regiões Noroeste de Minas Gerais, Sul de Goiás e Sudeste de Mato Grosso apresentaram maiores níveis de degradação ambiental, e as regiões do Piauí, Maranhão e Tocantins apresentaram valores médios menores do índice. O trabalho de Pais et al.

(2012) também adotou uma abordagem de que a degradação do meio ambiente tem relação direta com a agropecuária. Como resultados, os autores demonstraram que a região Central do estado da Bahia possui um baixo padrão de degradação em seus municípios. Entretanto, em outras regiões do estado, isto é, as mesorregiões Centro-Sul e Sul, apresentaram elevado nível de degradação ambiental, demonstrando heterogeneidade entre os municípios baianos quanto a esse aspecto.

Além dos trabalhos originados da metodologia criada por Lemos (2001), que possuem um enfoque mais aplicável ao âmbito socioeconômico, fazendo parte das ciências sociais aplicadas, existem estudos que possuem uma abordagem diferenciada oriunda das ciências naturais e exatas. Esses estudos avaliam a intensidade dos impactos ambientais causados pela ação do homem ou pela agropecuária a partir de uma abordagem qualitativa (ARAUJO et al., 2010; CARVALHO; ALBUQUERQUE, 2011; LEITE; SILVA; HENRIQUES, 2011; VIANA et al., 2011).

Procedimentos Metodológicos

O presente estudo fundamenta-se nos trabalhos presentes na literatura que utilizaram uma metodologia específica para a criação de um Índice de Degradação Ambiental (ID). Dessa maneira, esse índice surge como uma medida de proporção de degradação ambiental de uma região objeto de estudo (SILVA; RIBEIRO, 2004). O ID consiste em uma evolução do índice de desertificação criado por Lemos (1995), por este não conseguir captar o percentual de devastação de determinada região, o que é possível com o índice de degradação (LEMOS, 2001). Além disso, a pesquisa pode também ser considerada descritiva, visto que serão realizadas observações e análises a fim de registrar e correlacionar fenômenos sem manipulá-los (RAMPAZZO, 2002).

A partir de estudos anteriores relativos ao tema

(LEMOS, 2001; SILVA; RIBEIRO, 2004; FERNANDES; CUNHA; SILVA, 2005; CUNHA et al., 2008, PAIS et al., 2012), percebe-se que o fenômeno de degradação ambiental possui um caráter multidimensional, isto é, que a magnitude desse problema requer a consideração de um conjunto de variáveis de características locais. Nesse sentido, considerando o grande número de variáveis envolvidas, a utilização da análise multivariada, especificamente da técnica de análise fatorial, torna-se a mais adequada para esse propósito (CUNHA et al., 2008).

Esse método aborda a problemática de analisar as correlações entre um grupo expressivo de variáveis, definindo um conjunto de dimensões latentes comuns, denominadas fatores. Além disso, esse tipo de análise pode ser classificado como técnica de interdependência, pois não se tem explicitado nenhum tipo de variável dependente e nem a busca da relação dessa com variáveis independentes. Assim, a análise fatorial tem como principais objetivos o resumo e a redução dos dados, além de possibilitar a identificação de variáveis representativas de um grupo de variáveis para sua utilização em análises multivariadas posteriores (HAIR et al., 2009).

Um modelo de análise fatorial, de acordo com Mingoti (2005), é dado, genericamente, em forma matricial, da seguinte forma:

$$X_i = a_{ij}F_j + \epsilon_i \quad (1)$$

em que:

$X_i = (X_1, X_2, \dots, X_p)^t$ é um vetor transposto de variáveis aleatórias observáveis;

a_{ij} é uma matriz ($p \times m$) de coeficientes fixos denominados cargas fatoriais, os quais descrevem o relacionamento linear de X_i e F_j

$F_j = (F_1, F_2, \dots, F_p)^t$ é um vetor transposto ($m < p$) de variáveis latentes que descrevem os elementos não observáveis da amostra; e

$\epsilon_i = (\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_p)^t$ é um vetor transposto dos erros aleatórios, correspondentes aos erros de medição e a variação de X_i que não é explicada pelos fatores comuns F_j .

Como as variáveis apresentam-se em valores diferentes, surge a necessidade de sua padronização. A realização desse procedimento é derivado do fato de que os dados em diferentes formas ou transformados incorretamente podem comprometer os resultados (GREENE, 2008). Assim, é desejável tornar os objetos de estudo comparáveis, diminuindo os efeitos de escalas diferentes (BASSAB; MIAZAKI; ANDRADE, 1990). O procedimento de padronização das variáveis é dado por:

$$Z = [(X_i - \bar{X})/S], i = 1, \dots, n \quad (2)$$

em que:

Z = variável padronizada

X_i = variável a ser padronizada

\bar{X} = média de todas as observações

S = desvio padrão amostral

A partir da padronização das variáveis aleatórias observáveis X_i , esta pode ser substituída pelo vetor de variáveis padronizada Z_i , com a finalidade de resolver o problema de diferenças de unidade de escala como demonstrado na Equação 2 (MINGOTI, 2005). Assim, a Equação 1 pode ser reescrita conforme a equação abaixo:

$$Z_i = a_{ij} F_j + \epsilon_i \quad (3)$$

Para a construção do ID, é preciso estimar os escores associados a cada fator após a rotação ortogonal. No presente estudo, foi aplicado o recurso da transformação ortogonal dos fatores originais pelo método Varimax, que gera uma estrutura mais simples de ser interpretada por maximizar em um único fator as correlações de cada variável (HAIR et al., 2009). Por fim, com o objetivo de verificar se a análise fatorial utilizada ajusta-se aos dados do modelo, utilizam-se os testes de Esfericidade de Bartlett e o Critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O primeiro fornece a probabilidade estatística de que a matriz de correlação tenha correlações significantes entre pelo menos algumas das variáveis, isto é, compara a matriz de correlação populacional com a matriz identidade. Para que os dados sejam adequados a essa análise, o resultado desse teste deve ser a rejeição da hipótese nula, ou seja, de igualdade das matrizes. O outro teste, o de KMO, verifica a adequação dos dados a partir da criação de um índice que varia de 0 a 1 e que compara as correlações simples e parciais entre as variáveis, sendo que valores superiores a 0,5 demonstram que os dados são adequados à análise fatorial (MINGOTI, 2005; HAIR et al., 2009). Além disso, com o objetivo de testar a confiabilidade das variáveis que compuseram os fatores, foi estimado o Alfa de Cronbach.

Posteriormente a essa análise é que o ID pode ser construído. A estimação desse índice é dividida em duas etapas. A primeira consiste em, a partir da análise multivariada, construir o chamado Índice Parcial de Degradação (IPD). Após a realização da análise fatorial, foram obtidos os fatores, os escores fatoriais e a proporção de variância explicada pelos fatores, sendo que o cálculo do índice de degradação parcial pode ser dado por (LEMOS, 2001):

$$IPD_k = \left(\sum_{j=1}^p F_{jk}^2 \right)^{1/2} \quad (4)$$

em que:

IPD_k é o índice de degradação ambiental parcial do *k-ésimo* município;

$\left(\sum_{j=1}^p F_{jk}^2 \right)$ é o somatório dos quadrados do *j-ésimo* escore fatorial do *k-ésimo* município;

Espera-se que os escores fatoriais relativos a cada município possuam distribuição simétrica em torno da média zero. Desse modo, metade dos municípios irá apresentar valores com sinais positivos e a outra metade irá apresentar sinal negativo, sendo que estes indicarão as regiões consideradas mais degradadas. Com a finalidade de evitar que elevados escores fatoriais negativos aumentem a magnitude dos índices associados a estes municípios, deve-se proceder a uma transformação dos escores fatoriais a fim de trazer todos eles para o primeiro quadrante (LEMOS, 2001). Este procedimento deve ser realizado antes da estimação do IPD e é expresso algebricamente por:

$$F_{jk} - [(F_{jk} - F_{j,\min}) / (F_{j,\max} - F_{j,\min})] \quad (5)$$

em que:

F_{jk} são os escores fatoriais;

$F_{j,\max}$ é o valor máximo observado para o *j-ésimo* escore fatorial associado ao *k-ésimo* município; e

$F_{j,\min}$ é o valor mínimo observado para o *j-ésimo* escore fatorial associado ao *k-ésimo* município;

A etapa seguinte consiste na construção do Índice de Degradação Ambiental (ID) que é realizada pela estimação pelo IPD dos pesos

atribuídos a cada fator, por meio da análise de regressão com o IPD como variável dependente e os fatores encontrados como variáveis independentes, para a composição do ID. É válido destacar que o IPD possui utilização para fazer um ranking dos municípios quanto ao nível de degradação. Ele não serve para estimação do percentual de degradação dos municípios, o qual é determinado pelo ID (LEMOS, 2001). Esse procedimento pode ser definido por:

$$ID_k = \sum_j p_j F_{jk}; \text{ e } j = 1: j = \text{números de fatores encontrados} \quad (6)$$

em que:

ID_k é o índice de degradação ambiental para do k -ésimo município;

p_j é o peso atribuído a cada escore fatorial, a partir do valor do parâmetro encontrado na análise de regressão; e

F_{jk} são os escores fatoriais.

Dessa maneira, o Índice de Degradação Ambiental é composto pelo somatório da multiplicação dos fatores encontrados pelos seus respectivos parâmetros calculados na análise de regressão, sendo estes uma medida de peso para o fator, que formam o Índice de Degradação Ambiental.

A amostra do estudo foi composta por 496 dos 497 municípios do Rio Grande do Sul. Isso porque a cidade de Pinto Bandeira assumiu a categoria de município a partir de 1º de janeiro de 2013, e as variáveis do estudo foram coletadas no censo agropecuário de 2006 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006). Dessa forma, não existem dados referentes a este município, sendo o mesmo excluído da análise. Ao

todo, foram coletadas vinte e nove variáveis, as quais foram definidas como áreas queimadas dos estabelecimentos em hectare (x1); áreas com pastagens degradadas dos estabelecimentos em hectare (x2); áreas degradadas dos estabelecimentos em hectare (x3); área total utilizada com culturas permanentes em hectare (x4); área total utilizada com culturas temporárias em hectare (x5); área total utilizada com pastagens naturais em hectare (x6); área total utilizada com pastagens plantadas em hectare (x7); área total de terras inaproveitáveis para agropecuária em hectare (x8); valor das despesas com adubação total em mil reais (x9); valor das despesas com corretivos em mil reais (x10); valor total das despesas com agrotóxico em mil reais (x11); valor das despesas com medicamentos veterinários em mil reais (x12); valor das despesas com combustível em mil reais (x13); valor das despesas com energia elétrica consumida em mil reais (x14); nº de estabelecimentos com controle de pragas e doenças (x15); nº de estabelecimentos com uso de adubos (x16); nº de estabelecimentos que aplicam corretivos (x17); nº de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos (x18); nº de estabelecimentos que deixam as embalagens de agrotóxicos no campo (x19); nº de estabelecimentos que depositam embalagens de agrotóxico no lixo comum (x20); nº de estabelecimentos que queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos (x21); nº de estabelecimentos com nascentes não protegidas por matas (x22); nº de estabelecimentos com rios ou riachos não protegidos por matas (x23); nº de estabelecimentos com lagos naturais ou açudes não protegidos por matas (x24); nº de estabelecimentos que recebem orientação técnica (x25); número de colheitadeiras (x26); nº de tratores (x27); nº de arados (x28); e efetivo bovino em relação às pastagens naturais e plantadas (x29).

Análise e discussão dos resultados

Análise fatorial e Índice de Degradação Ambiental

A fim de verificar se o conjunto de dados é apropriado para análise fatorial, o teste de esfericidade de Bartlett apresentou valor de 0,000 de significância, rejeitando a hipótese nula de igualdade de matrizes e demonstrando, portanto, adequação para a análise fatorial (MINGOTI, 2005). Em relação ao teste de KMO, o valor encontrado foi de 0,855, isto é, maior que 0,5, o qual mostra novamente adequação para o emprego da análise fatorial, pois, conforme afirmam Hair et al. (2009), valores superiores a 0,5 indicam a adequação dessa técnica. Além disso, as variáveis mostraram-se confiáveis com um Alfa de Cronbach de 0,933, valor considerado satisfatório e elevado.

Pela análise fatorial com a utilização do método de componentes principais e pelo método de rotação ortogonal Varimax, verifica-se que as vinte e nove variáveis foram sintetizadas em seis fatores de degradação ambiental, os quais são capazes de explicar 77,03% da variância total dos dados, conforme pode ser visualizado na Tabela 1.

Após a definição do número de fatores, analisaram-se as cargas fatoriais e as comunalidades, conforme Tabela 2, associadas a cada variável com o objetivo de verificar as características de cada fator de degradação

ambiental. A partir da análise da Tabela 2, verifica-se que o Fator 1 é composto pelas variáveis x15, x16, x17, x18, x22, x23, x24, x25, x28 e x29, representando, respectivamente, estabelecimentos com controle de pragas e doenças, com uso de adubos, com aplicação de corretivos, com uso de agrotóxicos, com nascentes, rios e lagos não protegidas por matas, que recebem orientação técnica, número de arados e efetivo bovino. Pela característica das variáveis, esse fator está mais ligado aos aspectos de melhoria da produção bem como preservação dos recursos hídricos, podendo ser nominado como Fator Aspecto de Produção e Preservação Hídrica.

Analisando o Fator 2, constata-se que as variáveis x2, x3, x6, x7, x8, x12 fazem parte da sua composição abrangendo áreas com pastagens e terras degradadas, utilização de pastagens naturais e plantadas, terras inaproveitáveis e valor da despesa com medicamentos veterinários. Esse fator apresenta características ligadas à deterioração das pastagens e terras agrícolas e, dessa maneira, denomina-se como Fator Degradação das Áreas Agrícolas. O terceiro fator englobou as variáveis x5, x11, x13, x14, x26 e x27, representando, respectivamente, área utilizada com culturas temporárias, valor das despesas com agrotóxico, com combustível e com energia elétrica, número de colheitadeiras e tratores. Com base em suas características, pode ser

Tabela 1: Autovalores da matriz e variância explicada das correlações para os municípios gaúchos

Fator	Autovalor	Variância explicada pelo fator (%)	Variância acumulada (%)
1	8,53	29,43	29,43
2	4,69	16,17	45,60
3	4,07	14,05	59,65
4	1,89	6,52	66,18
5	1,71	5,90	72,08
6	1,44	4,95	77,03

Fonte: Elaboração dos autores

Tabela 2: Cargas fatoriais após rotação ortogonal e comunalidades

Variáveis	Cargas Fatoriais						Comunalidades
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
x1	-0,027	0,116	-0,065	0,006	-0,051	0,628	0,416
x2	0,088	0,721	0,238	-0,042	-0,008	-0,033	0,587
x3	0,156	0,677	0,072	0,154	-0,020	0,193	0,550
x4	0,326	-0,036	0,123	-0,018	0,147	0,691	0,623
x5	0,238	0,322	0,829	0,149	-0,007	-0,130	0,886
x6	0,112	0,932	0,169	0,020	-0,020	0,067	0,915
x7	0,073	0,833	0,343	0,029	-0,057	-0,077	0,826
x8	0,241	0,564	0,230	0,063	-0,024	0,450	0,636
x9	0,118	0,097	0,279	0,924	-0,018	-0,019	0,956
x10	-0,010	0,056	0,004	0,973	-0,004	0,025	0,951
x11	0,066	0,058	0,836	0,056	0,038	0,167	0,739
x12	0,155	0,826	0,181	0,036	0,007	0,013	0,741
x13	0,331	0,428	0,742	0,097	-0,038	0,054	0,857
x14	0,135	0,310	0,636	-0,017	0,060	0,112	0,536
x15	0,908	0,286	0,144	0,034	0,124	0,008	0,943
x16	0,959	0,011	0,182	0,015	0,132	0,050	0,972
x17	0,833	0,083	0,119	0,043	-0,002	0,299	0,807
x18	0,900	-0,168	0,222	0,018	0,162	-0,003	0,914
x19	0,121	-0,037	-0,066	0,007	0,755	-0,014	0,591
x20	0,154	-0,063	0,038	-0,022	0,755	0,057	0,603
x21	0,587	0,097	0,086	-0,013	0,588	-0,028	0,709
x22	0,642	0,352	0,169	0,021	0,236	0,135	0,639
x23	0,708	0,263	0,069	0,015	0,216	0,190	0,658
x24	0,804	0,461	0,140	0,027	0,065	0,076	0,890
x25	0,904	0,020	0,262	0,025	-0,007	0,013	0,887
x26	0,183	0,228	0,838	0,102	-0,020	-0,205	0,841
x27	0,587	0,271	0,611	0,068	-0,092	0,227	0,856
x28	0,928	0,047	0,013	0,035	0,036	-0,028	0,867
x29	0,920	0,265	0,115	0,031	0,118	0,009	0,944

Fonte: Elaboração dos autores

Nota: Valores em negrito denotam a maior carga fatorial da variável em um fator

denominado como Fator Modernização Tecnológica.

O Fator 4 é composto pelas variáveis x9 e x10 que são ligadas ao valor das despesas com adubação e corretivos e podem ser nominadas, dessa forma, como Fator Investimentos Bioquímicos. Já o quinto fator, o qual é composto pelas variáveis x19, x20 e x21, que englobam número de estabelecimentos que deixam as embalagens de agrotóxico no campo, no lixo

comum ou então as depositam ou enterram. Assim, esse fator é denominado como Fator Destino das Embalagens de Agrotóxicos. Por último, o Fator 6 tem, em sua composição, as variáveis x1 e x4, que caracterizam as áreas queimadas dos estabelecimentos e com culturas permanentes, sendo nominado como Fator Queimadas em Culturas Permanentes.

Após o desdobramento da análise fatorial, construiu-se o Índice Parcial de Degradação. Feito

o cálculo do IPD, realiza-se uma análise de regressão múltipla desse índice com os fatores de degradação ambiental encontrados. Os valores das elasticidades de cada fator para a construção do ID foram: de 0,5646 para o Fator Aspecto de Produção e Preservação Hídrica, de 0,6561 para o Fator Degradação das Áreas Agrícolas, de 0,6766 para o Fator Modernização Tecnológica, de 0,7288 para o Fator Investimentos Bioquímicos, de 0,6302 para o Fator Destino das Embalagens de Agrotóxicos e de 0,6473 para o Fator Queimadas em Culturas Permanentes.

A partir desses valores é que há a possibilidade de verificar o índice de degradação ambiental dos municípios. Pelo IPD, só é possível fazer um ranking da degradação das regiões. Já com o ID, há a possibilidade de verificar o percentual de degradação da região de estudo.

Degradação ambiental nos municípios gaúchos e mesoregiões

Analisando o valor médio da degradação ambiental dos municípios gaúchos, verifica-se que este valor alcançou 62,95%. Esse valor é de alta representatividade e demonstra que mais da metade do território gaúcho enfrenta problemas relacionados à degradação ambiental. Esse índice demonstra que a região gaúcha, de forma distinta das outras unidades territoriais brasileiras, possui altos índices socioeconômicos mas que apresentam indicadores com valores preocupantes (ROSSATO, 2006).

Além disso, este resultado pode ser justificado devido à força da agropecuária para a economia gaúcha, a qual, mesmo com a diminuição da participação econômica desse setor nos últimos anos, ainda é um dos pilares das atividades produtivas gaúchas (FOCHEZATTO; GHINIS, 2012). A atividade agropecuária representou 8,69% do valor adicionado bruto da economia gaúcha no ano de 2012, conforme dados da Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2012),

e atua sobre o meio ambiente de forma não sustentável quanto aos seus aspectos de produção, causando impactos ambientais tais como queimadas, desmatamentos, assoreamento dos rios, desertificação, eutroficação, salinização dos solos, perda de biodiversidade e homogeneização de paisagens (RODRIGUES, 2005; ENGSTRÖM et al., 2007; EL KHALILI, 2009). Ademais, a modernização dessa atividade pode ser encarada como uma das grandes responsáveis pela degradação ambiental, o que pode ser ocasionado pelo desmatamento, uso de produtos tóxicos e mecanização que compacta o solo (LADEIRA; MAEHLER; NASCIMENTO, 2012).

Com relação aos municípios da região Sul do estado, há uma grande dependência da atividade agropecuária como grande responsável pela geração de renda em algumas das localidades (ALONSO, 2003). A relevância da agricultura e da pecuária demonstra-se, por meio das suas práticas, uma grande geradora da degradação ambiental no Rio Grande do Sul. Isso porque, desde o pioneirismo no plantio da soja e com a produção de outras culturas, a agropecuária gaúcha depreda o meio ambiente natural, derrubando vegetações originais, reduzindo a biodiversidade e alterando a dinâmica climática das regiões onde atua (ROSSATO, 2006).

Em comparação a outros trabalhos empíricos, percebe-se que, apesar de mais da metade da área do Rio Grande do Sul mostrar-se degradada, o valor do ID médio de 62,95% é superado em outras regiões do Brasil, em estudos anteriores. No estudo de Lemos (2001), realizado com todos os estados nordestinos, verifica-se que a média do ID dessa região alcançou os 80,90%. Além disso, analisando o ID médio de cada estado, todos os valores apresentam média maior que 72% e, portanto, maiores que o valor encontrado no Rio Grande do Sul. Segundo o autor desse estudo, as causas para esse elevado percentual de

degradação ambiental estão na condição climática e biológica da região, bem como econômica e das práticas produtivas realizadas.

No estado de Minas Gerais, o trabalho de Fernandes, Cunha e Silva (2005), apresentou ID médio de 86%. O valor encontrado, muito superior ao caso gaúcho, demonstra o baixo estado de conservação ambiental do estado, implicando a necessidade de medidas e políticas públicas a fim de contribuir para a melhoria dessa questão. Por fim, o estudo de Silva e Ribeiro (2004) encontrou um ID médio de 30,74% para o estado do Acre, sendo este o único estudo a demonstrar um índice de degradação menor que o encontrado para o Rio Grande do Sul. Apesar do satisfatório resultado com relação à degradação ambiental, os autores apontam que algumas regiões apresentaram ID próximo a 50% e, portanto, demonstram a heterogeneidade desse processo no estado, devendo o poder público estadual estar atento ao processo na região.

No que tange aos municípios com maiores e menores IDs, a partir da análise da Tabela 3, verifica-se que existem municípios com 100% de degradação, com base no índice construído para

este estudo. Ao todo, foram 13 municípios dentro da amostra pesquisada que apresentaram 100% de ID. Observando esses treze municípios, doze encontram-se concentrados em três mesorregiões gaúchas, isto é, Sudoeste, Noroeste e Nordeste. Verificando as características desses municípios, nota-se a sua vocação agropecuária, por exemplo, a produção de destaque de uva e maçã em Caxias do Sul e os grandes rebanhos bovinos e ovinos de Santana do Livramento, corroborando com a premissa de que a agropecuária tem grande impacto sobre a degradação ambiental (FERNANDES; CUNHA; SILVA, 2005; ROSSATO, 2006).

De maneira análoga ao esperado, todos os municípios com menores índices de degradação ambiental fazem parte da mesorregião Metropolitana de Porto Alegre. Por ser a região mais urbanizada do estado, essa mesorregião sofre em menor conformidade com os impactos da agropecuária. É válido destacar que os municípios de Esteio, Balneário Pinhal e Alvorada foram os únicos a apresentarem menos da metade do seu território com degradação ambiental.

Analisando especificamente as mesorregiões

Tabela 3: Maiores e menores Índices de Degradação (ID) médios dos municípios do Rio Grande do Sul e suas respectivas mesorregiões

Maior ID municipal	Mesorregião	ID (%)	Menor ID municipal	Mesorregião	ID (%)
Alegrete	Sudoeste	100,00	Esteio	Metropolitana	49,88
Barão de Cotegipe	Noroeste	100,00	Balneário Pinhal	Metropolitana	49,94
Bom Jesus	Nordeste	100,00	Alvorada	Metropolitana	49,99
Cachoeira do Sul	C-Oriental	100,00	Imbé	Metropolitana	50,01
Canguçu	Sudeste	100,00	Capão da Canoa	Metropolitana	50,02
Caxias do Sul	Nordeste	100,00	Xangri-lá	Metropolitana	50,15
Jóia	Noroeste	100,00	Sapucaia do Sul	Metropolitana	50,19
Santa Margarida do Sul	Sudoeste	100,00	Araricá	Metropolitana	50,31
Santana do Livramento	Sudoeste	100,00	Cachoeirinha	Metropolitana	50,36
Santa Vitória do Palmar	Sudeste	100,00	São Leopoldo	Metropolitana	50,47
São Francisco de Paula	Nordeste	100,00	Tramandaí	Metropolitana	50,49
Uruguaiana	Sudoeste	100,00	Cidreira	Metropolitana	50,56
Vacaria	Nordeste	100,00	Canela	Metropolitana	50,62

Fonte: Elaboração dos autores

Tabela 4: Índice de Degradação mínimo, máximo e médio por mesorregiões do Rio Grande do Sul

Mesorregião	ID mínimo (%)	ID máximo (%)	ID médio (%)
Centro Ocidental	53,02	93,59	64,79
Centro Oriental	52,53	100,00	59,74
Metropolitana	49,88	93,30	58,04
Nordeste	52,34	100,00	67,64
Noroeste	51,10	100,00	61,95
Sudeste	50,82	100,00	70,69
Sudoeste	58,97	100,00	81,34

Fonte: Elaboração dos autores

gaúchas, nota-se, conforme Tabela 4, o padrão de ID para cada uma delas, ou seja, a média dos seus municípios desse índice, que o fenômeno de degradação ambiental apresenta certa heterogeneidade no Rio Grande do Sul. Isso porque existem regiões que são muito mais degradadas do que outras. A partir disso, políticas públicas contra a degradação ambiental tornam-se mais necessárias em algumas regiões do que em outras.

As mesorregiões Sudeste e Sudoeste apresentam os maiores IDs médios, com valores de 70,69% e 81,34%, respectivamente. Isso demonstra que a região do estado, muitas vezes denominada "Metade Sul", apresenta maiores níveis de degradação e aumenta a média do estado para o índice. Isso é resultado da grande dependência do dinamismo agropecuário dessas regiões (ALONSO, 2003). Além disso, essa região apresenta indicadores socioeconômicos menores com relação ao padrão encontrado no estado (CORONEL; ALVES; SILVA, 2007) e, portanto, vai ao encontro da hipótese de que a degradação ambiental é alavancada pelo menor desenvolvimento econômico de uma região (LEMONS, 2001).

De maneira contrária a essa hipótese, fica explícito que a região mais desenvolvida do estado, isto é, a mesorregião Metropolitana de Porto Alegre, apresenta os menores valores com relação ao ID. Além disso, por ser a área mais

industrializada do estado, essa região apresenta a maior taxa de urbanização do Rio Grande do Sul tendo, conseqüentemente, menor dependência da agropecuária. Dessa maneira, como a degradação foi mensurada por um índice com o foco na atividade agropecuária, o baixo índice de degradação ambiental dessa região pode ser corroborado por esse limitante do índice estudado. É válido destacar que tanto a atividade do ambiental rural quanto as atividades do meio urbano são nocivas ao meio ambiente.

Conclusões

O fenômeno da degradação ambiental é uma preocupação de âmbito mundial. Apesar de uma variedade de aspectos estarem ligadas a essa situação, no cenário brasileiro, há uma grande contribuição da agropecuária para o desdobramento desse problema. A partir disso, esse trabalho propôs-se a criar um índice de degradação ambiental (ID) a fim de mensurar esse fenômeno na região do extremo sul do Brasil.

Na construção do índice, verificou-se que o ID foi composto por seis fatores, isto é, Fator Aspecto de Produção e Preservação Hídrica, Fator Degradação das Áreas Agrícolas, Fator Modernização Tecnológica, Fator Investimentos Bioquímicos, Fator Destino das Embalagens de Agrotóxicos e Fator Queimadas em Culturas Permanentes. A partir desses fatores, foi possível construir o ID para o estado do Rio Grande do Sul,

que apresentou um valor médio de 62,95%. Esse valor, apesar de menor se comparado a evidências empíricas em outras regiões brasileiras, demonstra que mais da metade do território gaúcho é degradado.

Com relação aos municípios, verifica-se que muitos deles possuem 100% com relação ao ID, demonstrando o estado precário e preocupante dessas unidades territoriais as quais devem ter grande atenção do poder público. Esses municípios e suas respectivas mesorregiões possuem ligação direta com a atividade agropecuária. Esse fato só vem a confirmar a participação dessa atividade no agravamento desse fenômeno.

Além disso, as regiões mais degradadas do estado fazem parte das mesorregiões menos desenvolvidas, vindo a confirmar a premissa de que a degradação ambiental tem relação direta com o desenvolvimento socioeconômico das regiões. Corroborando com esses fatos, a mesorregião Metropolitana de Porto Alegre, por ser a mais urbanizada e desenvolvida economicamente do estado, apresenta menores níveis de degradação ambiental. Cabe ressaltar que essa última constatação é limitada pelo índice de degradação utilizado, que abordou questões apenas de aspectos da agropecuária desconsiderando, portanto, questões relativas a atividades e aspectos da região urbana das cidades.

Dessa maneira, deve haver, por parte do poder público, uma maior atuação a fim de evitar o agravamento da degradação ambiental no Rio Grande do Sul bem como uma conscientização da população a ter atitudes mais sustentáveis perante o meio ambiente. Fica evidenciado que algumas das regiões do estado precisam de medidas mais imediatas, por apresentarem elevados índices de degradação ambiental.

Esse estudo fica limitado a um corte específico de período, isto é, para o ano de 2006, conforme

dados do Censo Agropecuário do IBGE, não podendo ser analisado uma evolução da dinâmica da degradação ambiental no decorrer do tempo. Além disso, o aspecto da degradação ambiental foi tratado isoladamente, sem evidenciar seu relacionamento com outros aspectos presentes no desenvolvimento de uma região e desconsiderando aspectos de degradação oriundos das atividades desenvolvidas no ambiente urbano das cidades. Portanto, para trabalhos futuros, sugere-se estudar a degradação ambiental num período maior de tempo, além de relacionar esse fenômeno com aspectos sociais, econômicos e culturais.

Referências Bibliográficas

- ALONSO, J. A. F. O cenário regional gaúcho nos anos 90: convergência ou mais desigualdade? **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v.31, p.97-118, 2003.
- ARAUJO, M. L. M. N. de; REINALDO, L. R. L. R.; SOUSA, J. da S.; ALMEIDA, P. G. de; ALVES, L. de S.; WANDERLEY, J. A. C. Impactos Ambientais nas Margens do Rio Piancó Causados pela Agropecuária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 4, n. 1, p. 13-33, 2010.
- BASSAB, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. de. **Introdução à Análise de Agrupamentos**. São Paulo: Associação Brasileira de Estatística (ABE), 1990.
- BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G. de; DUARTE, G. de S.; CAREPA-SOUZA, J. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 11-33, 2004.
- CARVALHO, S.P.; ALBUQUERQUE, H.N. Avaliação dos impactos ambientais no horto do Complexo Aluizio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 1-16. 2011.
- CORONEL, D. A.; ALVES, F. D.; SILVA, M. A. e. Notas sobre o processo de desenvolvimento da metade sul e norte do estado do Rio Grande do sul: uma abordagem comparativa. **Perspectiva Econômica**, São Leopoldo, v.3, n.2, p.27-43, 2007.
- CUNHA, N. R. da S.; LIMA, J. E. de; GOMES, M. F. de M.; BRAGA, M. J. A Intensidade da Exploração Agropecuária como Indicador da

- Degradação Ambiental na Região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, SP, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.
- EL KHALILI, A. **Commodities ambientais em missão de paz – novo modelo econômico para a América Latina e o Caribe**. São Paulo, SP: Nova Consciência, p. 271, 2009.
- ENGSTRÖM, R. et. al. Environmental assessment of Swedish agriculture. **Ecological Economics**, v. 60, n. 00, p. 550-563, 2007.
- FEE – FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. **PIB Estadual – Série Histórica 2002-2012**. Disponível em: <<http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/estatisticas/pib-estadual-serie-historica-2002-2012.php>>. Acesso em: 17 de nov., 2013.
- FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. da S.; SILVA, R. G. da. Degradação ambiental no estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 179-198, 2005.
- FINCO, M. V. A.; WAQUIL, P. D.; MATTOS, E. J. de. Evidências da relação entre pobreza e degradação ambiental no espaço rural do Rio Grande do Sul. **Ensaios FEE**, Porto Alegre, v. 25, p. 249-275, 2004.
- FOCHEZATTO, A.; GHINIS, C. P. Estrutura Produtiva Agropecuária e Desempenho Econômico Regional: o caso do Rio Grande do Sul, 1996-2008. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 50, n. 4, p. 743-762, 2012.
- GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 6 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.
- HAIR, J. F. JR.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; **Análise Multivariada de Dados**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário de 2006**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/cal/default.asp?o=2&i=P>>. Acesso em: 24 de abr., 2013.
- LADEIRA, W. J.; MAEHLER, A. E.; NASCIMENTO, L. F. M. do. Logística Reversa de Defensivos Agrícolas: fatores que influenciam na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 157-174, 2012.
- LEITE, S. P.; SILVA, C. R. da; HENRIQUES, L. C. Impactos ambientais ocasionados pela agropecuária no Complexo Aluizio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 59-64, 2011.
- LEMOS, J.J.S. **Desertification of Drylands in Northeast of Brazil**, Riverside, Califórnia: Economic Department da University of California, 1995.
- LEMOS, J.J.S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.32, n. 3, p. 406-429, 2001.
- LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. Análise dos Modelos de Indicadores no Contexto do Desenvolvimento Sustentável. **Perspectivas Contemporâneas**, Campo Mourão, v. 3, n. 1, p. 31-45, 2008.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de Estatística Multivariada – uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- MOTTA, R. S. da. **Desafios Ambientais da Economia Brasileira**. Brasília: IPEA, 1997. (Texto para discussão, 509).
- MÜELLER, C. C. Economia, Entropia e Sustentabilidade: Abordagem e Visões de Futuro da Economia de Sobrevivência. **Est. Econ.**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 513-550, 1999.
- PAIS, P. S. M.; SILVA, F. de F.; FERREIRA, D. M. Degradação Ambiental no Estado da Bahia: uma aplicação da análise multivariada. **Revista Geonordeste**, São Cristóvão, a. XXIII, n.1, p. 1-21, 2012.
- RAMPAZZO, L. **Metodologia científica: para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação**. São Paulo: Loyola, 2002.
- REED, D.; SHENG, F. **Macroeconomic Policies, Poverty and the Environment**. Macroeconomics for Sustainable Development Programme Office – World Wide Fund for Nature (WWF), Washington, 1997.
- RODRIGUES, W. Valoração Econômica dos Impactos Ambientais de Tecnologias de Plantio em Região de Cerrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 01, p. 135-153, 2005.
- ROSSATO, M. V. Qualidade ambiental e qualidade de vida nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul. 2006. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.
- SAMPAIO, E. V. de S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da

agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**, Recife, v. 22, n. 1, p. 93-113, 2005.

SILVA, R. G. da; RIBEIRO, C. G. Análise da Degradação Ambiental na Amazônia Ocidental: um Estudo de Caso dos Municípios do Acre. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 91-110, 2004.

VIANA, D. de L.; ROCHA, D. R. W.; CORDEIRO, M. F. R.; SILVA, J. F. da. Avaliação dos Impactos Ocasionalados na Biodiversidade pela Atividade de Pedreira no Complexo Aluizio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 45-58, 2011.