

## **Bovinos como bioindicadores em área sob influência de uma usina termoelétrica**

### **Cattle as biomonitor in area under influence of a coal plant**

DOI:10.34117/bjdv7n5-345

Recebimento dos originais: 17/04/2021

Aceitação para publicação: 17/05/2021

#### **Tatiana Regina Vieira**

Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PPGCV - UFRGS)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Av. Bento Gonçalves, 9090. Porto Alegre

E-mail: tatianareginavieira@gmail.com

#### **Eduardo de Freitas Costa**

Doutorado em Ciências Veterinárias pela UFRGS

Wageningen University

Houtribweg 39, Lelystad, 8221RA - Lelystad, - Holanda

E-mail: eduardo.costa@wur.nl

#### **Daniela da Silva Ramos**

Médica Veterinária pela UFRGS

Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural  
Inspetoria de Defesa Agropecuária, BR116 - km 13, Esteio - RS

E-mail: daniela-ramos@agricultura.rs.gov.br

#### **Adriano Bruzza**

Doutorando em Agronegócios – UFRGS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Av. Bento Gonçalves, 7712. Porto Alegre - RS

E-mail: adriano.veterinario@yahoo.com.br

#### **Andrea Polidori Célia**

Mestre em Agronegócios pela UFRGS

Professora dos cursos de Gestão do Agronegócios

Universidade de Passo Fundo (UPF)

BR 285, Passo Fundo – RS

E-mail: andreacelia@upf.br

#### **Milene Dick**

Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas – UFPEL

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)

Rua Rodrigues Lima, 49, Centro, Bagé – RS

E-mail: milenedick@yahoo.com.br

### **Verônica Schmidt**

Doutora em Ciências Veterinárias pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Professora Titular dos cursos de Veterinária e Zootecnia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Av. Bento Gonçalves, 9090. Porto Alegre - RS  
E-mail: veronica.schmidt@ufrgs.br

#### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar os efeitos das poeiras e emissões atmosféricas decorrentes da combustão do carvão mineral em uma usina termelétrica (UTE) em bovinos de corte, utilizando alterações dentárias como indicador. Para tanto, cinco unidades produtivas (EAs) na região Sul do País (quatro situadas em área sob influência da Usina e uma fora do perímetro de influência da mesma) foram acompanhadas por quatro anos. Determinou-se o índice de mosqueamento (lesões dentárias compatíveis com intoxicação crônica por flúor) nos dentes incisivos de 594 bovinos. Observou-se que animais criados em região sob influência da usina apresentaram 3,9 vezes mais chances de índices de mosqueamento alto em relação aos animais fora desta área ocorrendo, ainda, interação entre as EAs e o tempo. Os resultados apontam para a interferência do ambiente na apresentação e aumento da gravidade de lesões dentárias em bovinos, sendo a proximidade à fonte poluidora um fator de risco. Entretanto, a dinâmica multifatorial das lesões dentárias e o sistema de criação utilizado em parte das unidades estudadas, podem trazer viés aos resultados. Desta forma, são necessárias avaliações mais abrangentes quanto às alterações dentárias, considerando a presença de outras fontes poluidoras na região bem como a existência de outros fatores causais às lesões dentárias.

**Palavras-chave:** Fluorose, Carvão mineral, Termelétrica.

#### **ABSTRACT**

The purpose of the present study was to evaluate the effects of atmospheric dust and emissions from the coal combustion in a thermal power plant (TPP) in beef cattle as biomonitor, using the dental changes as indicator of environmental pollution. To this end, five production units (EAs) in the southern region of the country (four located in area under influence of plant and outside the perimeter of influence thereof) were followed for four years. The mottling index (dental lesions compatible with chronic intoxication fluorine) was determined at 594 beef cattle incisors. It was observed that animals raised in the region under the influence of the plant showed 3.9 times more likely to mottling high rates towards animals taking place outside this area also interaction between AEs and time. The results point to environmental interference in the presentation and increased severity of dental lesions in cattle, and the proximity to the source of pollution is a risk factor. However, the multifactorial dynamics of dental injuries and the build system used in part of the units studied can bring bias to the results. Thus, considering the presence of other pollution sources in the region and the existence of other causal factors to dental injuries, more studies are needed to understand the assessments of the dental changes.

**Keywords:** fluorosis, mineral coal, thermal power plant

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de energia é uma preocupação mundial, sendo que diversas fontes são utilizadas para suprir a crescente demanda mundial. O Carvão mineral tem sido amplamente utilizado na geração de energia no País e os três estados do Sul possuem as maiores reservas de carvão mineral do Brasil (GOMES et al., 2003). Entretanto, os combustíveis fósseis são conhecidos por seu potencial poluidor (Aneel, 2008) aos recursos hídricos e solo, decorrente da emissão de material particulado e de gases poluentes a partir da queima do carvão.

Apesar dos esforços para redução da emissão de poluentes pela combustão do carvão, com o uso de precipitadores e filtros, não é possível afirmar que as usinas termelétricas não estejam interferindo no ambiente natural da região sob sua influência. A exploração do carvão trouxe preocupações quanto à manutenção das atividades pecuárias, até então predominantes (produção de bovinos e ovinos), devido a modificações no ambiente natural pela deposição de pó de cinzas volantes na vegetação (o que interfere na fotossíntese e balanço energético de folhas) e o enriquecimento destas com metais pesados, que podem ser dispersos no meio ambiente (SAWIDIS et al., 2001) e causar prejuízos aos animais.

Alguns metais já identificados nos subprodutos do carvão (KRONBERG et al., 1981; MARTINS et al., 1982; SWAINE, 2000; PIRES et al., 2001; DELGADO et al., 2013) são nutrientes essenciais para todos os organismos vivos, porém, em concentrações elevadas podem tornar-se tóxicos. O flúor, por exemplo, é volatilizado durante a queima do carvão e expelido para a atmosfera, podendo ser encontrado, frequentemente, em concentrações superiores a 100 ppm (KRONBERG et al., 1981). Considerado o poluente-traço mais perigoso e fitotóxico, o flúor pode prejudicar a produção animal reduzindo a capacidade de engorda de bovinos e ovinos (MARTINS et al., 1982), devido à dificuldade de ingestão de alimentos decorrente do desgaste dentário.

Brito et al. (2020) e Spíndola et al. (2020), em suas revisões, afirmam que a fluorose dentária é uma alteração do esmalte dentário associado à ingestão excessiva de flúor no período de formação do germe dentário, originando manchas esbranquiçadas a manchas amarronzadas, dependendo do seu grau de severidade.

O flúor tem sido relacionado à ocorrência de lesões dentárias em bovinos e ovinos no entorno de usinas termelétricas, contudo, este elemento químico não é o único responsável pelas lesões encontradas nos animais. Óxidos de silício, alumínio e ferro são elementos abrasivos e se depositam na pastagem aumentando o desgaste dentário e

reduzindo a vida produtiva dos animais (RIET-CORREA et al., 1986; DIVAN JÚNIOR et al., 2010).

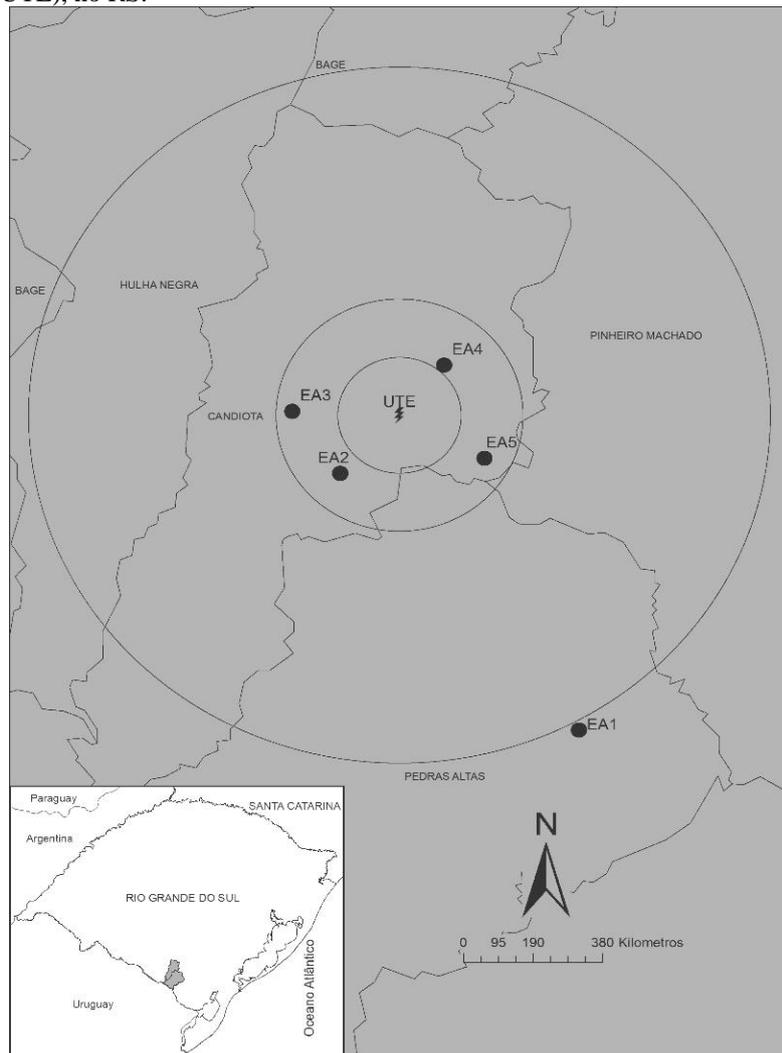
Uma das formas de detectar alterações nocivas ao ambiente é o biomonitoramento, um método experimental utilizado para medir a resposta de organismos de uma determinada área frente a poluição do ar, água ou solo. Os organismos utilizados no biomonitoramento são conhecidos como bioindicadores e podem ser qualquer forma de vida utilizada para mensurar e monitorar propriedades e atributos de um sistema (SLOOF, 1995; SILVA, 2010). Sendo assim, animais de produção, como os bovinos, apresentam potencial para serem utilizados como bioindicadores de contaminação ambiental devido à proximidade de convivência e a similaridade em termos fisiológicos com o ser humano, além da coincidência de *habitats* de vida (SOUZA et al., 2009).

Considerando a importância da atividade carbonífera para a região Sul do País, bem como a manutenção das atividades de produção animal, que sofrem a influência desta atividade, e a necessidade de avaliar tais impactos, o presente estudo objetivou avaliar a frequência e gravidade de lesões dentárias (mosqueamento) em bovinos criados em área sob influência das emissões atmosféricas decorrentes da combustão do carvão mineral em uma usina termelétrica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um estudo transversal seriado para avaliar a influência de uma usina carbonífera na produção de bovinos, utilizando lesões dentárias como indicador. No período de outubro de 2011 a janeiro de 2014, foram acompanhadas cinco unidades produtivas situadas na metade Sul do Rio Grande do Sul. A escolha das unidades amostradas (EAs) se deu por conveniência levando-se em consideração sua localização em relação a provável fonte poluidora, de forma a abranger os quatro pontos cardeais (EA2 – Sudoeste, EA3 – Noroeste, EA4 – Nordeste e EA5 – sudeste) em área de possível interferência de uma usina termelétrica (UTE) (máximo de 10 km de distância) e a adesão do proprietário ao estudo. Além destas, integrou o estudo uma unidade produtiva localizada a 30 km de distância, como ponto de controle (EA1), considerada sem influência das emissões da UTE (Figura 1).

Figura 1: Localização das Estações Amostrais (EA2 a EA5) e Ponto de Controle (EA1) em relação à Usina Termoelétrica (UTE), no RS.



Fonte: Elaborado pelos autores

O acompanhamento dos animais foi realizado duas vezes por ano em cada EA, sendo a amostra constituída por 30 bovinos, ou o total de animais se o rebanho fosse menor, com pelo menos 2 anos de idade, totalizando 594 animais. Realizou-se a observação dos dentes dos animais, a fim de avaliar a idade e a presença de mosqueamento (manchas de cor amarela, castanhas ou negras) (JONES et al., 2000). Cada animal teve seus dentes incisivos fotografados para posterior classificação quanto ao índice de mosqueamento.

Determinou-se o índice de mosqueamento de acordo com Riet-Correa et al. (1983) modificado, onde: Grau 0 = sem alteração; grau 1 = presença de pontos de cor marrom no esmalte ou manchas amarelas difusas ou manchas brancas discretas; grau 2 = pontos difusos marrons no esmalte poucas áreas com aspecto de giz ou manchas marrons; grau 3 = área mais extensa com pigmentação marrom no esmalte; grau 4 = mais da metade do

dente pigmentado na cor marrom ou evidências de lesão no esmalte; grau 5 = praticamente toda a extensão do dente pigmentado de marrom e/ou grande área apresentando lesão no esmalte dentário (Figura 2).

Figura 2: Escala do índice de mosqueamento em dentes incisivos de bovinos.



Fonte: Elaborado pelos autores

Para a análise dos dados a variável resposta mosqueamento foi recodificada, sendo os índices superiores a 3 agrupados na mesma categoria uma vez que, conforme RIET-CORREA et al. (1986), lesões dentárias classificadas com índices maiores de 3 sugerem fluorose grave. Os efeitos do ano e da estação experimental sobre os índices de mosqueamento foram avaliados por meio de regressão logística ordinal utilizando-se o procedimento PROC LOGISTIC no software SAS 9.2, SAS Institute Inc.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se desgaste excessivo de dentes permanentes em 47,5% (291) dos animais, no entanto este dado não foi considerado para efeitos de avaliação em relação aos efeitos poluidores, tendo em vista a impossibilidade de precisar a idade dos animais por falta de registros nas propriedades. Contudo, essas alterações tornam-se importantes à medida que a intoxicação crônica por flúor reduz a resistência do esmalte dentário (LIMEBACK, 1994), agravando os efeitos de materiais particulados abrasivos nas pastagens.

As probabilidades condicionais de observação de índices de mosqueamento (0, 1, 2 e 3) visto que a estação experimental seja EA 1 (considerado afastado da usina) foram

43,86%, 41,25%, 11,11% e 3,51%, respectivamente. Por outro lado, as probabilidades condicionais de índices de mosqueamento (0, 1, 2 e 3) visto as estações experimentais próximas da usina consideradas juntas (i.e. EAs 2, 3, 4 e 5) foi de 17,26%, 43,97%, 28,84% e 9,96%, respectivamente. Neste sentido chama atenção o fato de que a probabilidade de observar animais sem alteração dentária (i.e. índice de mosqueamento=0) é maior na EA 1 quando comparada com as estações experimentais próximas à usina. Ainda a probabilidade de observar índices de mosqueamento maior ou igual a 3 foi maior nas estações experimentais 2, 3, 4 e 5.

Usando parâmetros semelhantes, Riet-Correa et al. (1983) confirmaram a presença de lesões dentárias em bovinos decorrentes da exposição crônica ao flúor, bem como o aumento destas lesões conforme as unidades produtoras se aproximavam da fonte de poluição. Também Riet-Correa et al. (1986) avaliaram bovinos e ovinos na mesma região de abrangência do presente estudo confirmando, novamente, a influência das emissões de poluentes na saúde dos animais. No entanto, quando os autores compararam os resultados de ambos os estudos (o primeiro em região sob influência de fábrica de adubos e o segundo em região sob influência de usina termelétrica), verificam que na região da termelétrica foi observado que o desgaste dentário era mais pronunciado do que as lesões no esmalte e os autores sugerem que tal diferença seja decorrente do material particulado (óxidos de sílica, alumínio e ferro) depositado na vegetação. Uma vez que este estudo foi observacional a presença de outras fontes poluidoras nas proximidades das estações amostrais, como a mineração de carvão e calcário e fábrica de cimento, não pode ser controlada fato que dificulta a determinação da usina como o fator responsável pelas lesões dentárias, mas levanta uma hipótese acerca deste efeito.

O modelo de regressão logística ordinal teve o teste de proporcionalidade de chances não significativo ( $p=0,86$ ), ou seja, considerando a variável resposta em 4 níveis, (0, 1, 2, 3) os valores de razão de chances observados se mantêm constantes nas diferentes combinações acumuladas de índice de mosqueamento (3 vs. 0, 1, 2); (3 e 2 vs. 0 e 1); (3, 2 e 1 vs. 0). A interação entre estação e ano foi significativa, evidenciando que os índices de mosqueamento não variaram da mesma forma ao longo do tempo estudado nas diferentes estações experimentais (Tabela 1).

As variações de chances acumuladas de índice de mosqueamento observadas no ano de 2011 ocorreram ao acaso, com exceção da estação experimental 4 em que a chance acumulada deste índice é 5 vezes maior em relação a EA 1 (Tabela 1). Em 2012, as estações 2, 4 e 5 tiveram a chance acumulada de níveis de mosqueamento 3,9; 4,8 e 1,6

vezes maiores que a EA1. Em 2013 foram apenas monitoradas as estações 1 e 2, sendo que a chance acumulada do mesmo índice foi cerca de 11 vezes maior na EA3 em relação a EA1. Por fim, no ano de 2014, as EAs 4 e 5 tiveram a chance acumulada de índice de mosqueamento 4,3 e 2,9 vezes maior do que a EA1 (Tabela 1).

Tabela 1 - Efeito da interação da estação amostral (EA) e do tempo (ano) no índice de mosqueamento.

Interceptos	Estação amostral	Coefficiente	Odds Ratio	IC 95%
Lesão grau $\geq 3$		-3,59		
Lesão grau 2		-1,78		
Lesão grau 1		0,44		
Ano				
2011	EA1	0	1	-
	EA2	-0,47	0,6	(0,13 - 2,8)
	EA3	0,18	1,9	(0,24 - 5,9)
	EA4	1,8	6	(1,38 - 26,28)*
	EA5	1,3	3,6	(0,8 - 15,9)
2012	EA1	0	1	-
	EA2	2,07+(-0,47)	4,9	(2,3 - 10,47)*
	EA3	0,66+0,18	2,3	(0,95 - 5,7)
	EA4	-0,04+1,8	5,8	(2,9 - 11,5)*
	EA5	-0,35+1,3	2,6	(1,29 - 5,1)*
2013	EA1	0	1	-
	EA2	2,9+(-0,47)	12,2	(5 - 30)*
2014	EA1	0	1	-
	EA2	-0,62+(-0,47)	0,3	(0,1 - 1)
	EA3	0,66+0,17	2,3	(0,7 - 7,3)
	EA4	-0,12+1,8	5,3	(2,5 - 11)*
	EA5	0,074+1,3	3,9	(1,6 - 9,34)*

\*Diferença significativa ao nível de 5%

Fonte: Elaborado pelos autores

A estação amostral 1, distante (projecção horizontal) aproximadamente 30 km da usina, teve chances menores de índices de mosqueamento altos, com constante probabilidade de ocorrência de índices baixos ao longo do tempo (dados não mostrados), corroborando que a distância em relação à fonte poluidora interfere na frequência e gravidade de lesões dentárias em bovinos. No primeiro ano (2011) apenas a EA4 teve diferença em relação à EA1, entretanto em 2012 e 2014 as EAs 4 e 5 permanecem como significativas, caracterizando a importância do efeito do tempo de exposição nas propriedades mais próximas à usina, justificando a interação observada no modelo logístico. Ainda, não foram observadas diferenças significativas nas chances acumuladas dos índices de mosqueamento da EA3 em relação a EA1. Esta unidade se diferencia por possuir um rebanho pequeno (53 animais), fato que pode ter tirado o poder estatístico do teste.

A proximidade é um fator importante a ser considerado, uma vez que ARBAGE et al. (2006) mediram a concentração máxima dos poluentes a cerca de 3km da usina. SWAINE (2000), avaliando elementos-traço durante a mineração, beneficiamento e combustão do carvão mineral, observou uma importante variação nos valores de deposição de oligoelementos ao longo do tempo, enfatizando a importância do aspecto temporal na amostragem, a fim de obter resultados significativos. A fluorose dentária, caracterizada no presente estudo pelos índices de mosqueamento, pode ser decorrente da ingestão de pequenas quantidades de flúor por um longo período de tempo (intoxicação crônica) e isso explicaria o aumento dos índices de mosqueamento mais altos nas estações sob influência da usina, ao longo do período.

As características climáticas e topográficas são importantes na dispersão de poluentes, oriundos de fontes pontuais (chaminés). Nedel (2003), ao estudar a dispersão de poluentes na região da Usina Termelétrica de Candiota, observou que os valores máximos de concentração de poluentes ocorrem próximos a fonte de emissão (Usina). Para os autores isso se dá, principalmente, pela influência direta da topografia na circulação local da região e a baixa velocidade dos ventos. Com base nas observações na estação meteorológica Usina de Candiota, foi possível observar o comportamento da direção dos ventos, de acordo com a estação do ano (primavera – predominante o vento leste, seguido do nordeste e sudeste; verão - predominante a direção leste, seguida de nordeste) (DALLAROSA, 2005), resultando em dispersão dos componentes poluidores em todas as direções no período de um ano. Somado a isso, a região de Candiota localiza-se em um pequeno vale, com altitudes variando de 100 a 500 metros, com uma altura máxima de 420 metros, localizada a sudoeste da UTPM, fato que leva a crer na dificuldade de dispersão dos poluentes e conseqüente acúmulo nas proximidades da usina.

A dinâmica das populações estudadas trouxe alguns pontos fracos ao estudo. Apesar dos critérios de seleção dos animais levarem em conta a idade (a partir de dois anos) e a procedência (ser nascido e criado na região), tais variáveis não puderam ser controladas devido à conveniência amostral e o fato de que os proprietários não possuíam registro de idade dos animais. Ainda, não foi possível fazer avaliações repetidas nos animais, impossibilitando a evolução das lesões dentárias ao longo do tempo.

A avaliação de lesões em animais de produção pode ser uma ferramenta importante para a observação de intervenções de fontes poluidoras no ambiente. Dentre as vantagens da utilização de organismos como monitores da qualidade ambiental destacam-se o baixo custo e a redução do tempo destinado ao inventário de um ambiente

(SLOOF, 1995; SILVA 2010). Uma das possibilidades deste estudo seria a proposta da utilização do modelo animal bovino na avaliação da modificação do ambiente, no entanto a substituição dos animais ao longo do estudo coloca em dúvida a utilização dos mesmos como bioindicadores adequados para a região, apesar do flúor ser absorvido e poder causar lesões nos ossos dos animais após os 30 meses de idade, as lesões dentárias podem não ser visualizadas nesses animais, interferindo na qualidade deste organismo como um bioindicador.

#### 4 CONCLUSÕES

Considerando que os animais estudados dentro do perímetro de influência da fonte poluidora apresentam mais chances de ter índices mais altos de mosqueamento ( $\geq 3$ ), indicativo de intoxicação crônica por flúor, bem como grupos possivelmente fora da influência dessas fontes tem menor chance de apresentar lesões dentárias graves, indica-se que as lesões dentárias de bovinos criados em região sob influência de usina carbonífera podem ser influenciadas pela localização da unidade produtiva em relação a fonte poluidora. Apesar de estudos anteriores levantarem estas suspeitas, este estudo mostra que alterações nos animais continuam sendo observadas sugerindo alterações no ambiente que devem ser investigadas, além das várias fontes poluidoras não avaliadas neste estudo. Por fim, sugere-se a realização de um estudo de monitoramento ambiental na região buscando avaliar as demais fontes e suas correlações com a produção animal e o ambiente.

## REFERÊNCIAS

ARBAGE, M. C. A.; DEGRAZIA, G. A.; MORAES, O. L. L. Simulação Euleriana da dispersão local da pluma de poluente atmosférico de Candiota-RS. **Revista brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 2, p. 153-160, 2006.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ed. Brasília: ANEEL, 2008. 236p.

BRITO, E. DA S.; MORAES, M. G. da S.; MONTERIO, R. M.; BRASIL, S. P. A.; CARLOS, A. M. P. Fluorose – da etiologia ao tratamento: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 94320-943, 2020.

DALLAROSA, J. B. **Estudo da formação e dispersão de ozônio troposférico em áreas de atividade de processamento de carvão aplicando modelos numéricos**. 2005. 127f. Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/Dissert\\_JulianaDallarosa.pdf](http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/Dissert_JulianaDallarosa.pdf)>. Acesso em: 26 jan. 2021.

DELGADO, T.; BROWN, M.; MAIA, S. M.; KALKREUTH, W. Caracterização petrográfica e química dos carvões usados nas usinas termelétricas no sul do Brasil e a avaliação dos impactos ambientais através das cinzas geradas no processo de combustão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, 4., 2013, Gramado. *Anais...* Criciúma: Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC, 2013. p.769-786.

DIVAN JÚNIOR, A. M.; OLIVEIRA, P. L.; SCHMIDT, V.; BERNARDO-SILVA, J. S.; HENTSCHEL, R.; DARSKI-SILVA, B.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T.; HARTZ, S. M. Influence of a coal-fired power plant on terrestrial biota at Candiota, South of Brazil, Short Communication. In: GRACE, C. T. (Org.). **Coal Combustion Research**. New York: Nova Science, 2010. p.235-248.

GOMES, A. J. P.; CRUZ, P. R.; BORGES, L. P. Recursos minerais energéticos: carvão e urânio. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Org.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003. 692p.

JONES, T. C.; HUNT, R. D.; KING, N. W. **Patologia Veterinária**. 6 ed. São Paulo: Manole, 2000. 1415p.

KRONBERG, B. I.; BROWN, J. R.; FYFE, W. S.; PEIRCE, M.; WINDER, C. G. Distributions of trace elements in Western Canadian coal ashes. **Fuel**, v. 60, p. 59-63, 1981.

LIMEBACK, H. Enamel formation and the effects of fluoride. **Community Dental Oral Epidemiology**, v. 22, p. 144-147, 1994.

MARTINS, A. F.; SCHWINGEL, E.; FILHO, A. A.; FLORES, E. M. M. Concentração de flúor em diferentes espécies de pastagens da região carboelétrica de Candiota, RS. **Ciência Florestal**, v. 2, p. 119-132, 1982.

NEDEL, A. S. **Aplicação de um modelo de dispersão atmosférica na região de Candiota-RS e sua relação com as condições meteorológicas 2003**. 129p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PIRES, M.; QUEROL, X.; TEIXEIRA, E. C. Caracterização do carvão de Candiota e de suas cinzas. **Geochimica Brasiliensis**, v. 15, p. 113-130, 2001.

RIET-CORREA, F.; OLIVEIRA, J. A.; MENDES, M. DEL C.; SCHIELD, A. L. Poluição industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos no município de Rio Grande, RS. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 3, p. 107-114, 1983.

RIET-CORREA, F.; MÉNDEZ, M. C.; SCHILD, A. L.; OLIVEIRA, J. A.; ZENEBO, O. Lesões dentárias em bovinos e ovinos devidas à poluição industrial causada pela combustão de carvão. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 6, p. 23-31, 1986.

SAWIDIS, T.; CHETTRI, M. K.; PAPAIOANNOU, A.; ZACHARIADIS, G.; STRATIS, J. A study of metal distribution from lignite fuel using trees as biological monitors. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 48, p. 27-35, 2001.

SILVA, G. A. V. **Manual de avaliação e monitoramento de integridade ecológica, com uso de bioindicadores e ecologia de paisagens**. 2010. 74f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, Nazaré Paulista.

SLOOF, J. E. Lichens as quantitative biomonitors for atmospheric trace-element deposition, using transplants. **Atmospheric Environment**, v. 29, p. 11-20, 1995.

SPINDOLA, L. da S.; De SOUZA, A. A.; ARANHA, P. P. T.; KOGS, R. S.; CARLOS, A. M. P. Reabilitação estética em pacientes com fluorose dentária: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 96885-9689, 2020.

SWAINE, D. J. Why trace elements are important. **Fuel Processing Technology**, v. 65-66, p. 21-33, 2000.