

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

**MONITORAMENTO AMBIENTAL EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE UMA
USINA TERMOELÉTRICA UTILIZANDO OVINOS COMO BIOINDICADOR**

Autor: Adriano Bruzza

PORTO ALEGRE

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

**MONITORAMENTO AMBIENTAL EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE UMA
USINA TERMOELÉTRICA UTILIZANDO OVINOS COMO BIOINDICADOR**

Autor: Adriano Bruzza

Dissertação apresentada como requisito
parcial para obtenção do grau de mestre
em Ciências Veterinárias na área de
Medicina Veterinária Preventiva.

Orientador: Dr^a. Verônica Schmidt

PORTO ALEGRE

2015

CIP - Catalogação na Publicação

Bruzza, Adriano
MONITORAMENTO AMBIENTAL EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE
UMA USINA TERMOELÉTRICA UTILIZANDO OVINOS COMO
BIOINDICADOR / Adriano Bruzza. -- 2015.
40 f.

Orientadora: Verônica Schmidt.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias,
Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. bioindicador. 2. ovinos. 3. carvão. 4.
termelétrica. I. Schmidt, Verônica, orient. II.
Titulo.

Adriano Bruzza

**MONITORAMENTO AMBIENTAL EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE UMA
USINA TERMOELÉTRICA UTILIZANDO OVINOS COMO BIOINDICADOR**

Aprovado em 25 MAR 2015

Aprovado por:

Prof.^aDr.^a Verônica Schmidt

Orientadora e Presidente da Comissão

Prof.^a. Dr.^a. Andrea Troller Pinto

Membro da Comissão

Prof.^a. Dr.^a. Maria Teresa Raya Rodrigues

Membro da Comissão

Prof. Dr. Paulo Ricardo Loss Aguiar

Membro da Comissão

Dedicatória

Dedico este trabalho a duas pessoas que sempre acreditaram nos meus sonhos e que, mesmo sem entender muito bem o que isto significa na minha vida, estiveram e estão ao meu lado. A vocês que não tiveram oportunidades na vida, mas ensinaram a ir em busca do que sinto, quero e sonho; dedico mais esta realização. Passarei aos meus alunos o que vocês, meus pais, me ensinaram, somado ao que aprendi na academia: “estimular a formação crítica e humanística, apresentando os acertos sem esconder os erros como exemplo de vida”.

Agradecimentos

Agradeço cada momento de aprendizado com a professora Verônica Schmidt, que fez muito mais na sua condição de orientadora.

Aos colegas que se tornaram amigos e aos amigos, que mesmo de longe, apoiaram minha trajetória.

A minha mulher, amiga e companheira que por mais dificuldades passadas, esteve no meu lado dividindo as preocupações e vitórias.

A CGTEE, pelo apoio a pesquisa em uma região tão rica em biodiversidade que é o Bioma Pampa.

RESUMO

A região Sul do Brasil possui as maiores jazidas de carvão mineral do país sendo a Usina Termelétrica Presidente Médici (UTPM), em Candiota, RS, responsável pela geração de 446 MW de energia. A exploração do carvão pode causar prejuízos ao meio ambiente e à produção animal e, dentre os subprodutos lançados na atmosfera, o flúor pode causar intoxicação nos animais reduzindo sua vida produtiva. O presente estudo teve como objetivo monitorar os efeitos da poluição causada pela combustão do carvão mineral de uma usina termelétrica em ovinos, a partir da observação de alterações dentárias, e dos níveis de fluoretos e sílica na pastagem. Para tanto, no período de outubro de 2011 a janeiro de 2014, visitaram-se cinco unidades produtivas da região (quatro situadas em área sob influência da Usina – EA2, EA3, EA4 e EA5 e uma fora do perímetro de influência da Usina – EA1). Verificou-se a presença de alterações dentárias em 693 ovinos (número de dentes, exposição de polpa, tipo de desgaste, má oclusão e presença de cristas, cáries, dentes oblíquos) e 310 ovinos tiveram seus dentes incisivos fotografados para posterior classificação quanto ao índice de mosqueamento (lesões dentárias compatíveis com intoxicação crônica por flúor). Coletaram-se, ainda, 60 amostras compostas de *Paspalum notatum* para determinação de flúor e sílica. Verificou-se que a EA2 apresenta maior ocorrência de desgaste excessivo (rasado) dos dentes e maior frequência de índice de mosqueamento 4 e 5, enquanto que na EA1 (controle) a ocorrência maior foi do índice 2 e nas demais EAs, os índices 2 e 3. Determinou-se que a EA2 apresentou índice médio de mosqueamento significativamente ($p < 0,001$) maior que as estações EA1 (controle), EA3 e EA4. Comparando-se os índices de mosqueamento dicotomizados em menores de três (< 3 = sem lesão) e maior ou igual a três (≥ 3 = fluorose), verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) no índice médio entre EA2 e EA1 (controle). Determinou-se que os ovinos criados na área de influência das emissões atmosféricas da usina (UTPM) possuem maior risco (OR = 2,18) de aparecimento de mosqueamento do que aqueles criados na unidade controle, sendo que os ovinos da EA2 (OR = 5,78) são aqueles que apresentam risco maior. Embora as alterações dentárias identificadas nos ovinos avaliados tenham sido evidenciadas de forma discreta, essas foram significativas entre as Estações Amostrais e com a unidade controle. Verificou-se que as quantidades de fluoreto e sílica encontrados na pastagem são relativamente baixas para, isoladamente, desencadear lesões dentárias. A utilização destes critérios de monitoramento, agregados a outros são fundamentais para preservação de ecossistemas, como o bioma pampa.

ABSTRACT

The Southern region of Brazil has the largest deposits of coal in the country being the Thermoelectric Plant President Medici (UTPM), in Candiota, RS, responsible for the generation of 446 MW of power. Coal exploitation may cause damage to the environment and livestock and, among the by-products released into the atmosphere, the fluorine can cause intoxication in animals by reducing their productive life. The objective of this study was to monitor the effects of pollution caused by the combustion of coal in a thermoelectric plant in sheep, from the observation of dental abnormalities, and the levels of fluoride and silica in the pasture. For both, in the period of October 2011 to January 2014, visited five production units of the region (four located in an area under the influence of the Plant - nominated: EA2, EA3, EA4 and EA5 and outside the perimeter of influence of Plant - EA1). It was found that the presence of dental abnormalities in 693 sheep (number of teeth, exposure of pulp, type of wear, malocclusion and presence of crests, tooth decay, tooth oblique) and 310 sheep had their incisor teeth photographed for later classification on the index of mosqueamento (dental lesions compatible with chronic intoxication by fluorine). Collected 60 samples of *Paspalumnotatum* for determination of fluorine and silica. It was found that the EA2 presents a higher occurrence of excessive wear (rasado) teeth and greater frequency of index of mosqueamento 4 and 5, while that in EA1 (control) the greater occurrence was the index 2 and in other areas, the indices 2 and 3. It was determined that the EA2 presented average index of mosqueamento significantly ($p < 0.001$) greater than the stations EA1 (control), EA3 and EA4. Comparando-se índices mosqueamento dicotomizados in less than three (<3 = no injury) and greater than or equal to three (≥ 3 = fluorosis), there was significant difference ($p < 0.05$) in average index between EA2 and EA1 (control). It was determined that the sheep in the area of influence of atmospheric emissions of the plant (UTPM) have a higher risk (OR = 2.18) of the appearance of mosqueamento than those reared on control unit, and the sheep of the EA2 (OR = 5.78) are those that have a higher risk. Although the dental abnormalities identified in sheep evaluated have been evidenced in a discreet, these were significant among the Sampling Stations and the control unit. It was found that the quantities of fluoride and silica found in the pasture are relatively low, in isolation, trigger dental lesions. The use of these criteria for monitoring, aggregated with other are fundamental for preservation of ecosystems, such as the Pampa biome.

Lista de ilustrações

Figura 1	Localização dos Campos no Sul do Brasil	21
Figura 2	Localização do município de Candiota/RS	23
Figura 3	Localização das Estações amostrais em relação à Usina Termoeletrica Presidente Médice, em Candiota/RS	24
Figura 4	Escala para cálculo do índice de mosqueamento em ovinos.....	25
Figura 5	Alterações dentárias observadas (%) em ovinos, segundo a Estação Amostrai	27
Figura 6	Índices de mosqueamento observado em ovinos, segundo a Estação Amostrai nas três campanhas.....	29

Lista de tabelas

Tabela 1	Índice médio de mosqueamento em ovinos, segundo a estação amostral de monitoramento	28
.....		
Tabela 2	Oddsratio (OR) e risco relativo (RR) para ocorrência de mosqueamento nas estações amostrais (EA) sob influência das emissões atmosféricas da UTE, comparadas à Estação controle (EA1)	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Monitoramento Ambiental	14
2.1.1Biomonitoramento	14
2.1.2 Bioindicadores	15
2.2 Atividade carbonífera.....	17
2.2.1Carvão Mineral	17
2.2.2 Carvão Mineral e o Meio-ambiente	18
2.2.3 Influência da atividade carbonífera na produção animal	19
2.3 O município de Candiota	20
2.3.1 Clima.....	20
2.3.2 Atividade pecuária	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Local de estudo	23
3.2 Amostragem	24
3.3 Parâmetros Analisados	25
3.4 Análise Estatística	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como na maioria dos países industrializados, as fontes de energia são de uma demanda emergente. Com isso, a emissão de poluentes na geração de energia ocasionada pela queima de carvão mineral é um ponto crítico que deve ser observado e monitorado. Ainda neste contexto, a ação de monitoramento em áreas rurais utilizando animais de produção como bioindicador é relevante e necessário para avaliarmos questões locais. A produção de resíduos e a degradação do meio ambiente estão incisivamente relacionadas, uma vez que em torno de um quarto das patologias evitáveis estão relacionadas à poluição (ANDRADE & ABREU, 2006).

Embora a poluição química, oriunda das emissões industriais e despejos residenciais, seja preocupante a poluição é definida como qualquer modificação física, química ou biológica e sua interferência nas composições de fauna, flora e meio ambiente como um todo (FELLENBERG, 1980).

No que se refere a animais de produção, estes são potencialmente utilizados como bioindicadores de poluição, visando a sanidade e o bem estar dos animais e do próprio homem, prevenindo ações antropogênicas sobre o meio ambiente (MARÇAL et al., 2004; MARÇAL et al., 2005a). Na região do município de Candiota, Rio Grande do Sul, encontra-se uma das maiores reservas de carvão mineral do Brasil. Neste município foi inaugurada, em 1961, a Usina Termoeletrica Presidente Médici, que é uma referência econômica para região Sul do Brasil. No início dos anos oitenta, estudos realizados na região evidenciaram poluição ambiental decorrente das emissões atmosféricas da Usina nas áreas agropecuárias próximas, causando preocupações econômicas e ambientais (RIET-CORREA et al., 1983).

O uso de animais de produção como bioindicadores em áreas rurais, pode ser considerado positivo para o monitoramento ambiental, uma vez que áreas já utilizadas para produção agropecuária sombreiam espaço com indústrias altamente poluidoras do ar, solo, plantas, animais e mananciais hídricos fazendo com que o ecossistema, como um todo, fique mais vulnerável à toxicidade das suas emissões (MARÇAL, 2005b).

As emissões industriais possuem alto potencial poluente em áreas próximas da fonte emissora. Algumas empresas que ainda possuem instalações e planejamento não monitorados podem ser muito perigosas e consideradas de risco à emissão de poluentes ao ambiente (TANNER, 2003).

Os poluentes encontrados nos animais de produção em meio natural geralmente é mais precoce do que quando encontrado no homem, assim como suas influências (MOREIRA & MOREIRA, 2004). Mesmo que evidências diretas mostrem resultados no ecossistema em contraponto à saúde humana, esta correlação é difícil de ser estabelecida no uso de animais com função de sentinelas e de possíveis influências antrópicas, tendo este como base conceitual para esta conexão (SILVA et al., 2003).

O presente estudo tem como objetivo geral monitoramento espacial dos efeitos das emissões decorrentes da combustão do carvão mineral de uma usina termelétrica, utilizando ovinos como bioindicadores.

Além de possuir objetivo específico avaliar se as lesões dentárias poderiam ser correlacionadas aos efeitos das emissões atmosféricas da região dentre as possíveis causas de mosqueamento.

A principal hipótese é que ovinos criados na região responderam de maneira diferente em relação aos efeitos da poluição atmosférica de acordo a localização da propriedade em relação a Usina termoelétrica e a direção dos ventos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados os temas monitoramento ambiental, biomonitoramento, poluição decorrente da atividade carbonífera e os sistemas produtivos locais, relevantes ao entendimento do foco da presente dissertação: os efeitos adversos da combustão do carvão sobre a atividade agropecuária.

2.1 Monitoramento Ambiental

O monitoramento ambiental deve ser considerado como as etapas de acompanhamento de variáveis ambientais, com objetivo de avaliar e identificar pontos críticos quantitativos e qualitativos com intuito de monitorar uma região por dado intervalo de tempo, levando em consideração as variáveis sociais, econômicas e institucionais para cada tipo de estudo sobre o meio ambiente (RAMOS & LUCHIARI JR, s.d.).

2.1.1 Biomonitoramento

O Biomonitoramento implica em uma maneira de avaliar ecossistemas, ou seja, uma técnica que analisa mudanças ambientais originadas pelos seres humanos tendo como objetivo o uso de informações em banco de dados. Essas mudanças podem ser da ordem química ou física oriunda de emissões urbanas, agrícolas ou industriais, causando modificações e/ou alterações em estruturas de ecossistemas de diversos ambientes (SILVA, s.d.). A ferramenta de biomonitoramento deve ser empregada em bases comparativas, onde dados captados em várias áreas e com abrangências de diferentes níveis são capazes de alimentar sistemas de dados, permitir a tomada de decisões e o planejamento ambiental, assim como futuras comparações durante diferentes períodos e regiões (RAMOS & LUCHIARI JR, s.d.).

O uso de animais de produção como bioindicadores, de forma passiva, auxilia no controle de poluentes industriais nas zonas rurais, assim como a saúde da população da região (RAMOS & LUCHIARI JR, s.d.). Entretanto, a escolha da espécie animal deve ser avaliada com cautela uma vez que as interações com o ambiente, assim como a densidade populacional, mudanças climáticas e biodiversidade naturais são pontos importantes a serem avaliados, assim como os níveis de influência antrópica sobre o ambiente analisado (SILVA, s.d.).

2.1.2 Bioindicadores

Nas últimas décadas, ocorreram acréscimos no número de casos de contaminação ambiental, observou-se um aumento na preocupação da sociedade perante ações relacionadas ao meio ambiente, fazendo-se necessário antever ações realmente determinantes que diminuam os danos ambientais ou que mitiguem seus efeitos. Assim, a busca por soluções para problemas ambientais voltadas ao desenvolvimento de novas tecnologias ou tecnologias alternativas que diminuam ou neutralizem a geração de resíduos patológicos ao ecossistema. Contudo, originalmente o monitoramento mensura uma ou mais variáveis em um determinado período de tempo e no biomonitoramento as medidas são obtidas por meio de um organismo biológico.

Ao monitoramento compete mesurar ou medir, constantemente, uma ou mais variáveis em um determinado dado ou período de tempo. Há três situações principais que direcionam a um biomonitoramento, entre elas: (1) quando há razões para crer que espécies de ordem nativas são ameaçadas; (2) quando a saúde humana e o consumo por esta de seus produtos e sub-produtos implicarão em aumentar o grau de risco; e por último e não menos importante (3) quando há incessante interesse de saber a qualidade do meio ambiental (SILVA et al., 2003).

O biomonitoramento tem uma definição de forma e de uso pragmáticos, com respostas dos organismos utilizados na avaliação das mudanças no ambiente, em geral resultadas por ações dos seres humanos (BUSS et al., 2003).

Termos denominados de biomarcador e bioindicador ou biomonitor estão definidos de uma forma muito clara por autores conhecidos como Van Gestel & Van Brummelen (1996). Segundo estes autores, o termo biomarcador pode ser utilizado para qualquer que seja a resposta biológica e seus efeitos celulares à qualquer substância química ambiental, sendo esta mensurada ou medida em um organismo ou também medida em seus metabólitos, nas diferenciadas matrizes biológicas, como sangue, dentes, fezes, pêlos, evidenciando uma diferenciação do estado normal, o qual não se observa em um organismo não exposto. Ainda os biomarcadores podem ser medidas de exposição, ainda que os bioindicadores ou biomonitores se definam com menor precisão, sendo observados como figuras de estruturas (animais sentinelas) ou ainda considerados como funcionais.

Na escolha de um biomonitor, devem ser levados em conta alguns aspectos: (1) estes animais devem estar no mesmo ambiente assim como o homem; (2) estes animais

devem ter a mesma semelhança ou respostas às substâncias tóxicas ou químicas; e (3) estes devem desenvolver respostas semelhantes a estes efeitos.

Existe certa vantagem em se lançar mão do uso de organismos sentinelas em monitoramento ambiental, podendo utilizar-se taxas epidemiológicas como letalidade, além de identificarem-se respostas indiretas à intoxicação e os potenciais riscos ao homem (SILVA et al., 2003).

A utilização de animais para monitorar condições ambientais tem sido observada através do tempo em diferentes situações. Na Revolução Industrial, no século XIX, os pássaros foram utilizados para monitorar a qualidade do ar em minas de carvão, como bioindicadores do aumento da concentração de monóxido de carbono, permitindo a retirada dos operários do local (CAIRNS Jr & PRATT, 1993). A presença de poluentes em alta concentração no meio pode desencadear reações graves em uma diversidade de organismos, bem como em animais de produção os quais, , tornam-se excelentes bioindicadores das condições ambientais (MARÇAL & TRUNKL, 1994; MARÇAL, 2005a).

A proximidade entre animais de produção, como ovinos e bovinos, e as fontes contaminantes, presença e tempo de exposição os predispoem a riscos de desenvolvimento de patologias. A contaminação não se resume apenas à resíduos químicos, em uma parcela dos animais, mas também uma associação ao tempo de exposição que estes animais estiveram em contato com agente causador (FUNASA, 2002). Conhecendo o impacto das substâncias químicas no ecossistemas, os bioindicadores podem ser utilizados para verificação de respostas biológicas, efeitos fisiológicos e comportamentais e sua relação à exposição a produtos químicos liberados ao ambiente (FONTAINHAS-FERNANDES, 2005).

Em estudos sobre a exposição de animais a poluentes, o uso de bioindicadores é fundamental. Além de diversos parâmetros biológicos analisados que podem causar modificações nesta interação; também esta interatividade poderá determinar quantitativamente a influência de cada parâmetro utilizado, sendo assim poderá haver apenas correlação discreta com a intensidade da exposição ou efeito biológico por cada substância (AMORIM, 2003).

Riet-Correa et al. (1986) relacionaram a presença de lesões dentárias em animais e a poluição ambiental. Por outro lado avaliando as alterações em bovinos e ovinos criados em região sob influência de usina termelétrica. Mais uma vez os modelos de bioindicadores animais confirmam a intoxicação por flúor como consequência da

exposição a um agente estressor, visto que ocorre redução das lesões à medida que as criações estão mais distantes da fonte de contaminação (combustão de carvão).

Divan Júnior et al. (2010) usaram, entre outros indicadores, ovinos criados em região sob impacto de usina termelétrica para avaliar a influência desse tipo de empreendimento na biota terrestre, tendo encontrado diferenças significativas entre alterações dentárias nos animais e as concentrações de metais no ambiente.

2.2 Atividade carbonífera

A exploração histórica do carvão no Rio Grande do Sul teve início na cidade de São Jerônimo, por volta de 1860. Nos dias de hoje, a principal aplicação do carvão mineral é a geração de energia elétrica, fornecido por meio das termoelétricas (IEA, 2008).

O Rio Grande do Sul detém 89,2% da reserva de carvão do Brasil e as principais áreas de exploração no Estado são a região da Campanha - onde está localizada a termoelétrica Presidente Médice, em Candiota; a região do “Curral Alto”, nos municípios de Arroio dos Ratos e Butiá e a região “centro”, nos municípios de Charqueadas e São Jerônimo (NEVES & CHAVES 2000). Somente Candiota possui 38% das reservas do Rio Grande do Sul. A atividade carbonífera no Brasil, assim como as demais que visam desenvolvimento econômico, é considerada estratégica; sua garantia de energia é longa e as reservas mundiais somadas são capazes de atender à população mundial, por 130 anos (IEA, 2008).

O carvão mineral, combustível fóssil sólido, que é formado a partir da matéria orgânica de vegetais depositados em áreas chamadas de bacias sedimentares, é responsável por uma média de 45% de toda energia gerada no mundo (IEA, 2008).

A atividade carbonífera em Candiota possui, além de importância na matriz energética nacional, importância econômica para a região pela geração e manutenção de postos de trabalho (FRITZ, 2004).

2.2.1 Carvão Mineral

O carvão mineral é de origem fóssil e uma das primeiras fontes de energia utilizadas pelo homem em larga escala. Na composição do carvão predomina o carbono

que, como consequência direta, produz dióxido de carbono na sua queima, devendo esta ser monitorada (EKMANN, 2003).

De acordo com dados da *International Energy Agency* (2008), o carvão mineral é a fonte mais utilizada para geração de energia elétrica no mundo, respondendo por 41% da produção total.

No final do último século ocorreram mudanças significativas entre impacto ambiental e políticas sociais, ou seja, ocorreram além de ampla utilização dos recursos naturais de combustíveis fósseis, maior preocupação por parte política social de como estes recursos seriam explorados e seus impactos causados. Questões como chuva ácida e alterações ambientais estão diretamente relacionadas a estas políticas, assim como seus impactos. Assim, as reservas existentes estão regulamentadas pelo governo através de políticas ambientais (PHILIBERT, 2004).

Tratando-se de uma tecnologia avançada e com economia e desafios ambientais relativamente diferentes, a queima do carvão possui uma importância estratégica quando considerada uma energia limpa, atendendo aos desafios ambientais de produção (EKMANN, 2003).

A principal aplicação mundial do carvão mineral é a geração de energia elétrica, por meio de usinas termelétricas. Considerando a manipulação e queima do carvão, este processo se dá, de maneira resumida, a partir da extração do carvão do solo, que segue para fragmentação e armazenagem em silos onde, posteriormente, é transportado para usina onde será, novamente, armazenado. Posteriormente, é transformado em pó, que permitirá um melhor aproveitamento térmico na queima, em fornalhas de caldeiras. O calor liberado por esta queima é transformado em vapor ao ser transferido para a água que circula nos tubos que envolvem a fornalha. A energia térmica (ou calor) contida no vapor é transformada em energia mecânica (ou cinética), que movimentará a turbina do gerador de energia elétrica. Este movimento dá origem à energia elétrica (BRASIL, 2014).

2.2.2 Carvão Mineral e o Meio-ambiente

O carvão mineral são rochas de origem orgânica – caustobólitos que ocorrem em camadas estratificadas, dentro das bacias sedimentares, ou seja, são resultados de acumulação de uma grande quantidade de restos vegetais em um ambiente saturado de água, chamados pântanos, geralmente ocorrem em planícies e várzeas. Pode se afirmar que a massa vegetal acumulada e soterrada sofre, com passar dos tempos, uma

transformação gradual por meio de processos bioquímicos encaminha se para os processos geoquímicos, que são denominados de processo de carbonificação, ou de maturação do carvão (*rank*) Crossettiet al (2006).

2.2.3 Influência da atividade carbonífera na produção animal

Na produção animal, alguns aspectos da atividade carbonífera devem ser observados e considerados. A sílica, o flúor e o enxofre alguns dos compostos químicos liberados na atividade carbonífera e que podem, com demasia ou em modo contínuo, acelerar processos patológicos em animais de produção criados nos campos vizinhos a esta atividade carbonífera (RIET-CORREA et al., 1983).

Cada vez mais a sociedade pressiona os órgãos governamentais, tendo como foco a saúde pública, e o bem estar animal, recorrendo a características patológicas e clínicas destes com o objetivo de reduzir agentes etiológicos, diminuir seus efeitos adversos, monitorar sua ação e identificar sua relação com o desenvolvimento demoléstias. Entre as principais moléstias ou patologias decorrentes da atividade carbonífera estão aquelas nas quais o agente etiológico será depositado nos corpos hídricos ou nas pastagens tomando o flúor como exemplo. A intoxicação crônica por flúor poderá ocorrer em ruminantes pela ingestão de água e pastos nas proximidades das fontes emissoras. As manifestações clínicas de intoxicação por flúor foram descritas nos anos de 1960 e são caracterizadas pelo mosqueamento e abrasão dos dentes; claudicação intermitente; hiperostose periosteal; e presença de flúor na urina (JONES et al.,2000).

Quanto a lesões patognomônicas da intoxicação pelo flúor podem ser observadas alterações dentárias, tais como: lesões calcárias, mosqueamento (manchas amareladas, ou coloração castanha, ou negro-esverdeada), depressão hipoplásica do esmalte dentário, desgaste excessivo decorrente do atritamento, perda de esmalte dentário e brilho (causando opacidade – aspecto de giz).

O excesso de atrito nos dentes pode causar amolecimento fora do normal no esmalte e também na dentina causando, assim, encurtamento dos dentes que podem chegar aos níveis gengivais. Caso isto ocorra com os dentes de leite, pode ocorrer dificuldade na apreensão dos alimentos, incomodo para mastigação, emagrecimento e retardo no desenvolvimento. Estas alterações são mais facilmente observadas nos dentes incisivos (MCGAVIN & ZACHARY, 2013).

Podem, ainda, ocorrer alterações ósseas em animais de produção, principalmente na mandíbula, metacarpianos e metatarsianos, em exposição à alta concentração de flúor. Quanto mais poroso for o dente, mais chances de surgirem lesões de polpa e dentina. Pode-se observar em animais que permanecem por longo tempo à exposição a doses altas de flúor, espessamento ósseo e, conseqüentemente, claudicação. Um aumento significativo de estomatite e gengivite pode evoluir para erosões, ulceração e necrose. Em casos de alto grau de mosqueamento podem ocorrer perda dentária. O atrito e desgaste anormal resultam, frequentemente, em fratura dentária, seguida por dor e emagrecimento. Um manejo inadequado, sem um acompanhamento periódico ou noções básicas para o mesmo podem gerar desconforto para animais de produção na apreensão e mastigação do alimento que por fim, causaram perdas econômicas significativas (MCGAVIN & ZACHARY, 2013).

2.3 O município de Candiota

Localizado no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, cerca de 380 km da capital Porto Alegre, o município de Candiota está delimitado pelas coordenadas geográficas 54° 10'58" e 53°18'35" de longitude de W e 31°17'35" e 32°02'41" de latitude S, perfazendo uma área de 6.970 Km² (BRASIL, 2014).

2.3.1 Clima

O clima nos campos da região Campanha é regido pelo anticiclone do Atlântico Sul. Sendo este um sistema de alta pressão, semi-permanente que transfere massas de ar tropicais úmidas vindas do oceano para o continente nas direções leste e nordeste praticamente todo ano. Geralmente, a variação ocorrida durante o ano da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) tem, por conseqüências, chuvas abundantes no sul do Brasil durante os meses de verão (outubro à março) e períodos de escassez, de abril a setembro, resultando em estiagem (NIMER, 1989; HASTENRATH, 1991).

O encontro das frentes frias originárias polares, oriundas da Antártica, com as massas de ar tropicais causam fortes chuvas, principalmente, na região sul do Brasil a qual possui uma estação seca curta ou não pronunciada (NIMER, 1989; HASTENRATH, 1991).

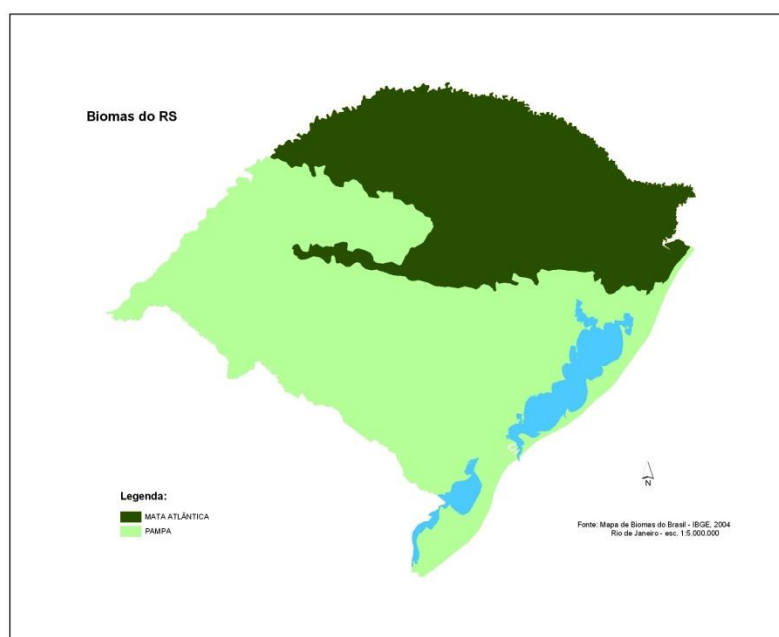
Geralmente, a temperatura média anual na região Sul é de 17° e 24°C, com chuvas distribuídas no longo do ano (NIMER, 1989). Os campos subtropicais podem ser encontrados na Depressão Central, localizada na Serra do Sudeste, região da Campanha, na metade sul do Rio Grande do Sul. Esse tipo de campo é relativamente semelhante aos pampas do Uruguai e Argentina, chamado Bioma Pampa.

Alguns destes ecossistemas, tanto florestais quanto campestres, são claramente influenciados pelas atividades antrópicas. A remoção das florestas naturais para implantação da agricultura, pastoreio ou plantios de *Pinuselliottii* e *Eucalyptus* spp. tem alterado claramente a vegetação e a paisagem originais.

O projeto nacional de classificação da vegetação separou os campos do sul do Brasil em duas grandes regiões fitoecológicas: as savanas - descreve campos com dois estratos e as estepes - caracterizam campos baixos, representados por um único estrato (TEIXEIRA et al., 1986). Contudo a última edição dos mapas oficiais de vegetação e biomas do Brasil (IBGE, 2004), a metade sul do RS foi denominada bioma Pampa, o que corresponde a 63% da área do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

Figura 1: Localização dos Campos no Sul do Brasil: (a) visão geral da América do Sul (b) o Brasil e a classificação oficial dos Biomas brasileiros e (c) distribuição dos Campos na região Sul do Brasil.

Fonte: <http://www.unipampa.edu.br/portal/noticias/3391-pesquisas-ampliam-o-conhecimento-sobre-o-bioma-pampa>



2.3.2 Atividade pecuária

Dentro de um contexto histórico, o município de Candiota, povoado em meados do século XIX, teve predomínio de grandes estâncias e a produção regional baseada na pecuária. Ainda atualmente, a pecuária extensiva continua como objeto de estudo na região. O município possui um rebanho ovino estimado em cerca 20.000 cabeças em uma área de unidade territorial de 933, 834 Km² (IBGE, 2014).

Quase sempre associado a outras atividades econômicas, a pecuária está relacionada, intrinsecamente, às mudanças sociais da região e o assentamento de integrantes do Movimento Sem Terra nos limites do município e as unidades produtivas de grandes extensões de terra fazem contraste da situação da atividade na região (GUERRA & FERRARO, 2004).

Na atividade pecuária, como meio de exploração econômica local, predominam sistemas extensivos de criação de bovinos e ovinos, os quais são comercializados em matadouros-frigoríficos da região. Além do uso de sistema extensivo com baixo índice de uso de tecnologia, a atividade pecuária utiliza-se de grandes áreas de pastagens nativas, em solos rasos e com afloramento de rochas (GUERRA & FERRARO, 2004).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se um estudo descritivo (CERVO e BERVIAN, 1983), como parte de um projeto de pesquisa multidisciplinar realizada pela UFRGS, respondendo à demanda da CGTEE (Companhia Geração Termica de Energia Elétrica)/IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente), a partir da observação, registro, análise e correlação dos fatos e variáveis, sem manipulá-los, constituindo-se em um monitoramento o qual foi realizado em três campanhas de 3 anos consecutivos e ininterruptos: campanha 1 – de julho de 2011 a junho de 2012; campanha 2 - de julho de 2012 a junho de 2013; campanha 3 - de julho de 2013 a junho de 2014.

Em cada campanha ocorreram quatro visitas, totalizando doze visitas em cada Estação amostral ao longo dos três anos.

3.1 Local de estudo

O estudo foi realizado no município de Candiota (Figura 2), situado na mesorregião Sudeste Rio-grandense e microrregião Serras do Sudeste do Rio Grande do Sul, tendo como limites geográficos municípios de Aceguá, Hulha Negra, Bagé, Pinheiro Machado e Pedras Altas (BRASIL, 2014).

Figura 2: Localização do município de Candiota/RS.

Fonte: <http://site.candiota.rs.gov.br/dados-e-localizacao>



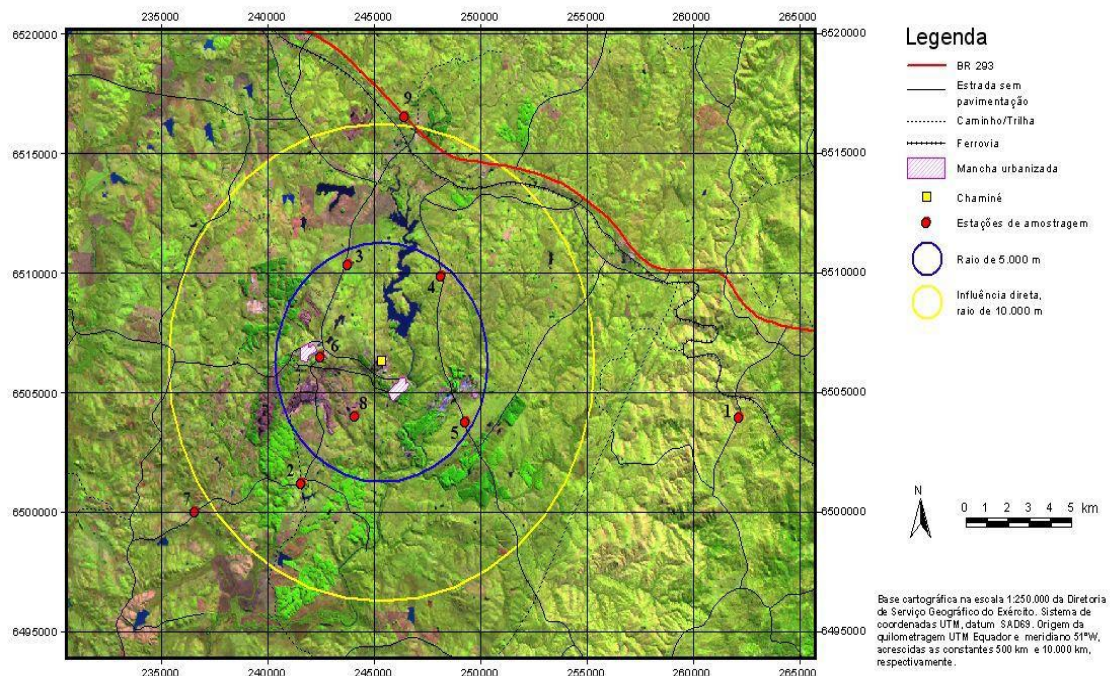
O município possui um rebanho ovino estimado em cerca 20.000 cabeças, número considerado médio para região (BRASIL, 2014).

3.2 Amostragem

Selecionaram-se cinco unidades produtivas, denominadas Estações Amostrais (EA), sendo quatro unidades (EA2, EA3, EA4 e EA5) localizadas no município de Candiota, dentro de um raio de 20 quilômetros de distância da Usina Termoeletrica Presidente Médice (UTPM, representando os quatro pontos cardeais na área sob influência das emissões atmosféricas da Usina, esses pontos foram pré definidos justamente para avaliar as emissões a partir da direção dos ventos (Figura 3).

Figura 3: Localização das Estações amostrais em relação à Usina Termoeletrica Presidente Médice, em Candiota/RS.

Fonte: Rodriguez (2010)



Para as propriedades para serem avaliadas teriam que possuir ovinos nascidos e criados nas mesmas, com idade maior ou igual a dois anos e possuírem em presença de campo nativo onde estes animais eram mantidos. Além destas, uma unidade produtiva, localizada no município de Pedras Altas, foi monitorada como unidade controle, sem influência direta das emissões atmosféricas das proximidades de UTP. A seleção das propriedades deu-se por conveniência, considerando a disponibilidade do proprietário em participar do estudo e a localização da propriedade em relação a fonte emissora.

Cada campanha de monitoramento foi constituída por quatro visitas à cada Estação Amostral. Em duas visitas de cada campanha, 20 ovinos com idade maior ou igual a dois anos sem raça ou sexo pré estabelecido, criados na unidade amostrada, sendo selecionados aleatoriamente os 20 primeiros no curral de manejo para avaliação, mesmo que eram avaliados um número maior de animais em cada propriedade, justificando nos parâmetros analisados 693 animais.

Em todas as visitas de cada EA coletaram-se, pelo menos, 18 unidades amostrais de *Paspalum notatum* (grama forquilha), espécie nativa e representativa da pastagem natural da área de estudo, as quais reunidas formaram 60 amostras compostas.

3.3 Parâmetros Analisados

O plano amostral e os parâmetros de monitoramento foram indicados em projeto de monitoramento ambiental em área de produção de energia elétrica a partir da combustão do carvão, desenvolvido por pesquisadores da UFRGS à CGTEE, em cumprimento ao estabelecido pelo IBAMA, órgão responsável pelo licenciamento ambiental da UTPM.

Determinou a presença de alterações dentárias em 310 ovinos, anotando-se em planilhas os seguintes dados: número de dentes, exposição de polpa, tipo de desgaste (bisel, bisel labial, meia lua e rasado), má oclusão (inserção oblíqua dos dentes) e presença de cristas (OLLHOFF et al., 2005), cáries, dentes oblíquos e mosqueamento (manchas de cor amarela, castanha ou negras) (JONES et al., 2000). Após anotação dos dados, 310 ovinos tiveram seus dentes incisivos fotografados para posterior classificação quanto ao índice de mosqueamento.

Determinou-se o índice de mosqueamento e desgaste dentário de acordo com Riet-Correa et al. (1983) modificado, onde: grau 1 = dentes brancos e sem desgaste dentário; grau 2 = dentes com presença de pontos de cor marrom no esmalte, ou

manchas amarelas difusas sem desgaste; grau 3 = dentes com pontos marrons difusos no esmalte, grandes áreas com manchas com aspecto de giz ou manchas marrom e desgaste moderado; grau 4 = dentes com hipocalcificação ou erosão do esmalte e manchas marrom ou branca difusas; grau 5 = dentes com lesões similares às anteriores mas com desgaste excessivo (Figura 4).

Figura 4: Escala para cálculo do índice de mosqueamento em ovinos.

Fonte: Verônica Schmidt



Foram realizadas 12 visitas para amostragem da pastagem, resultando em 60 amostras compostas de *Paspalumnotatum*, as quais foram encaminhadas ao Laboratório Bioensaios¹ para determinação dos teores de fluoretos (metodologia AOAC 975.04 adaptado com valores de referência 10 mg/kg F) e sílica (metodologia ICP-OES e valores de referência 50 mg/kg Si).

3.4 Análise Estatística

Realizaram-se os testes de Anova e Tukey, comparando os índices de mosqueamento entre as cinco estações amostrais entre si. Utilizou-se, ainda, o teste de Dunnett, comparando os índices de mosqueamento dicotomizados em menores de três (<3 - sem lesão) e maior ou igual a três (≥ 3 - fluorose) (RIET-CORREA et al., 1986).

Determinou-se a OddsRatio e o Risco relativo entre expostos (EA2, EA3, EA4 e EA5) frente não expostos (EA1), utilizando-se o software Stdisk.

Os demais dados receberam análise descritiva.

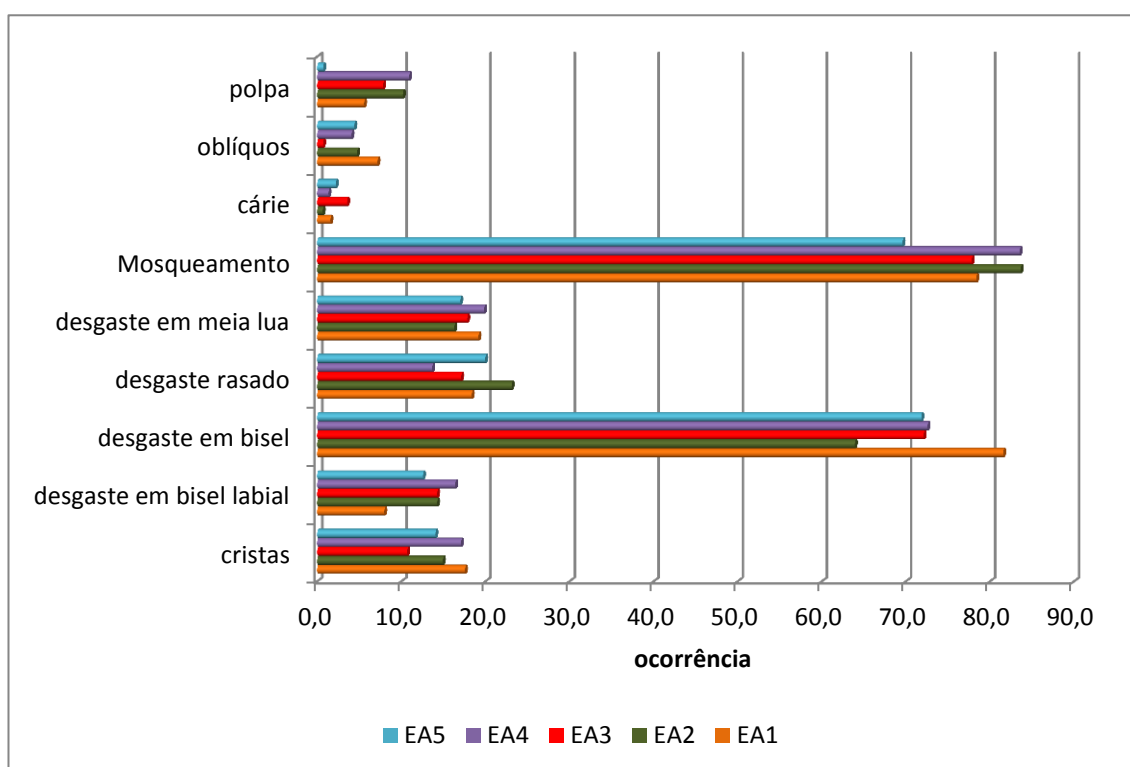
¹Laboratório Bioensaios. Disponível em: <<http://www.nsf-bioensaios.com.br/>>

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alterações dentárias e/ou mandibulares dos ovinos podem reduzir o desempenho reprodutivo, pela interferência na apreensão dos alimentos e na sua mastigação (MORAES, 1990).

As alterações dentárias observadas nas unidades produtivas monitoradas são apresentadas na figura 5. Verificou-se que a EA2 apresenta maior ocorrência de desgaste excessivo (rasado) dos dentes; a EA4 maior ocorrência de desgaste em bisel labial e exposição de polpa; e a EA3, de cáries.

Figura 5: Alterações dentárias observadas (%) em ovinos, segundo a Estação Amostral.



O desgaste excessivo dos dentes é descrito por alguns autores como um dos reflexos da intoxicação por flúor que ocorre devido às lesões no esmalte que deixam os dentes mais frágeis (VIEIRA, 2014). Por outro lado, Milhaudet al. (1987) não relacionaram o desgaste anormal dos dentes molares diretamente à acumulação de flúor.

O desgaste em bisel labial e/ou desgaste oblíquo nos dentes incisivos dos ovinos, ocorrem de maneira natural, ou seja, desgaste normal quando comparado com a categoria animal que em jovens possuem o esmalte dentário mais poroso, que neste

processo fisiológico, a dentina preenche a cavidade pulpar de acordo com avanço de idade, porém este desgaste em quantidade excessiva 10mg/kg é prejudicial, levando os dentes incisivos dos animais ao rasamento, cáries e muitas vezes a perda de elemento dentário (MCMANUS et al., 2010).

Segundo Radostits et al. (2000), o flúor se encontra naturalmente nas rochas, mas também pode ser oriundo de processos industriais e contidos no solo. O flúor e sílica aceleram este desgaste, de uma forma a ser considerado patológico conforme a dose ingerida.

Nas avaliações das pastagens (Tabela 1), os resultados de sílica encontrados foram inferiores a 10 mg.kg⁻¹. Entretanto, o desgaste excessivo dos dentes pode estar relacionado à presença de sílica nas pastagens, que apresentou grande variabilidade entre as EAs e as diferentes campanhas (Tabela 1), porém, os maiores teores de sílica na pastagem foram verificados na EA3.

Tabela 1: Quantificação média, mínima e máxima de sílica (mg.kg⁻¹) em de *Paspalumnotatum*, segundo a estação amostral (EA), em Candiota/RS.

	teores		
	médio	mínimo	máximo
EA1	509,6	175,0	844,0
EA2	555,9	287,0	803,0
EA3	634,3	260,0	1.513,0
EA4	533,0	299,0	833,3
EA5	571,8	304,0	1.021,5

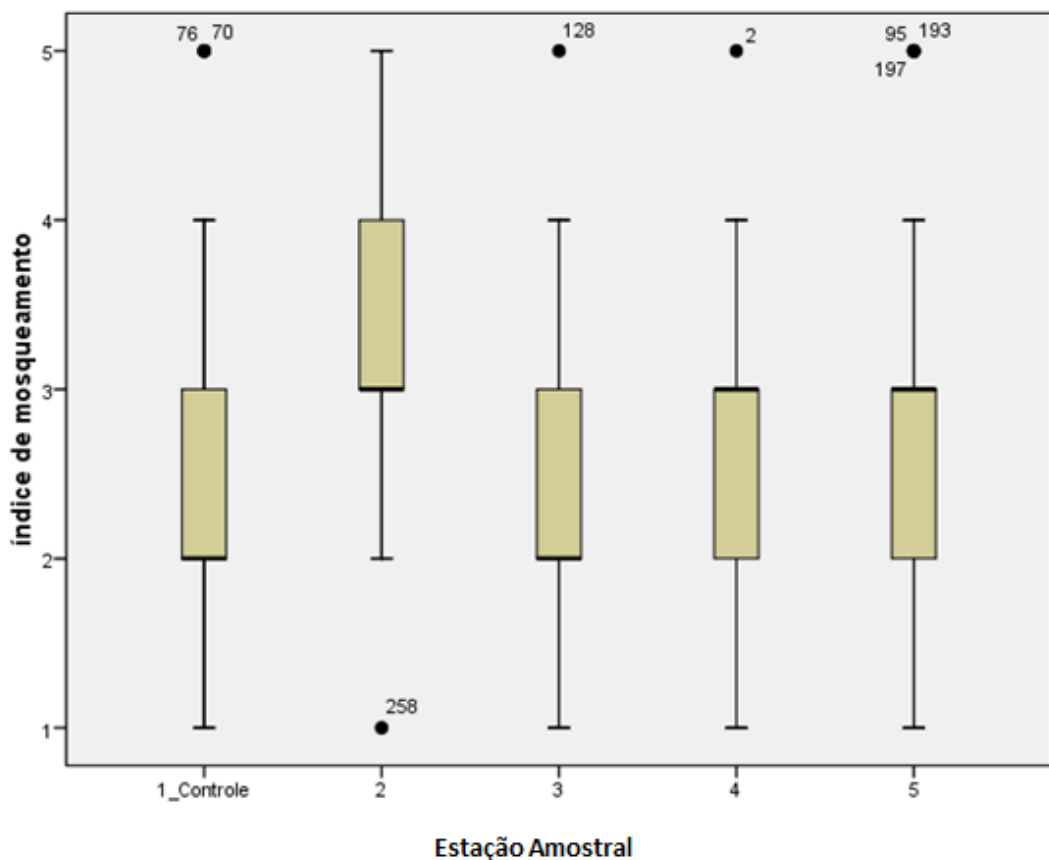
Os níveis basais de sílica e fluoreto correspondem a 50 e 2500 mg/kg para sílica e de 2 a 20 mg/kg para fluoreto, respectivamente.

Os efeitos tóxicos do fluoreto dependem de vários fatores, sendo que a forma mais comum de fluorose é a crônica, resultante da ingestão de pequenas quantidades por longos períodos (HUMBERTO, 2007).

Verificou-se que o número médio de dentes permanentes observados nas diferentes EAs variou de 5,1 a 5,54, correspondendo à 2 a 3 anos de idade. Nas EAs 1, 3 e 5 prevaleceram animais com 3 anos de idade (seis dentes) e nas EAs 2 e 4, animais com 4 anos de idade (8 dentes).

A intoxicação por flúor nos animais caracteriza-se por alterações dentárias (hipoplasia do esmalte, manchas esbranquiçadas com aspecto de giz ou manchas de cor marrom, porosidade e desgaste excessivo) e ósseas (RIET-CORREA et al., 1983). Considerando-se as observações no período de três campanhas de monitoramento, o índice de mosqueamento variou de 1 a 4, nos ovinos da EA1 (controle) e nas EA 3, 4 e 5. Na EA2 verificou-se que este índice variou de 2 a 5 e apenas um animal apresentou ausência de lesão (índice de mosqueamento 1) nos dentes incisivos, nesta EA (Figura 6).

Figura 6: Variabilidade nos índices de mosqueamento observado em ovinos, segundo a Estação Amostral nas 3 campanhas.

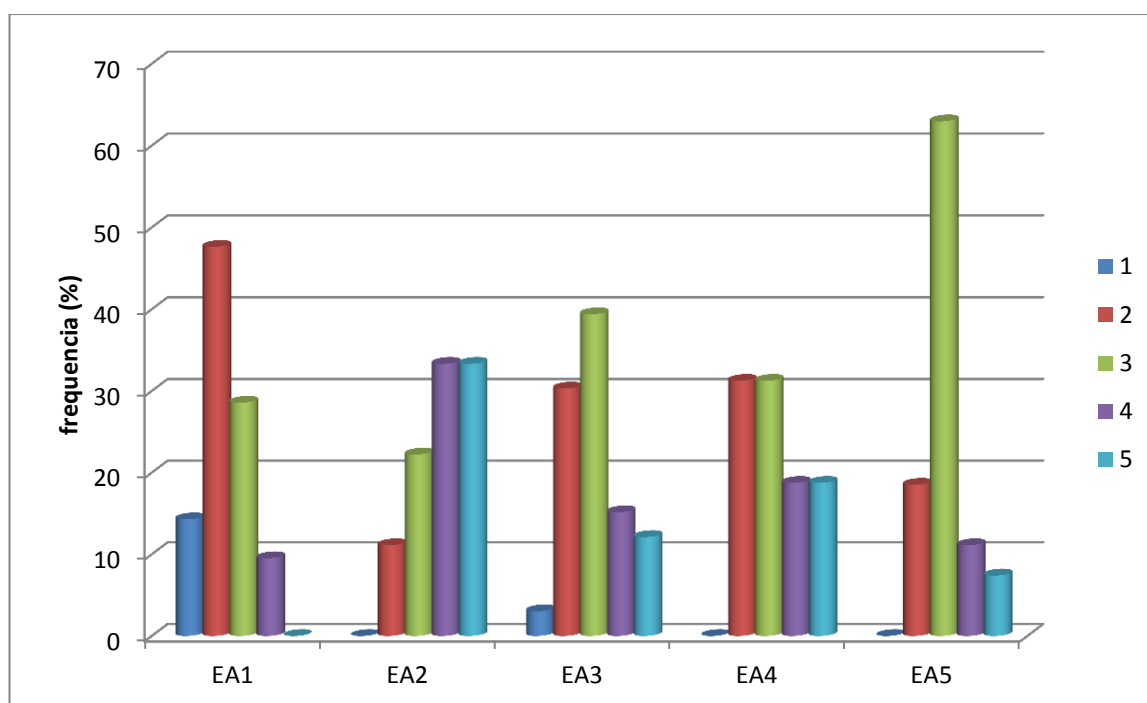


A exposição ao flúor, acima do limite adequado (60 e 150 mg.kg.MS⁻¹ é a tolerância dietética máxima para ovelhas e ovinos em crescimento, respectivamente) e por longos períodos, resulta no aparecimento de formas leve de fluorose dentária que, segundo a descrição de Humberto (2007), se caracteriza por leve mosqueamento do esmalte, manchas ou descoloração e aumento no nível do desgaste dentário.

Verificou-se maior frequência de índice de mosqueamento 4 e 5 na EA2, enquanto que na EA1 (controle), do índice 2. Nas demais EAs foram mais frequentes os índices 2 e 3 (Figura 7).

De acordo com a descrição de Humberto (2007), as classificações de fluorose dental 4 e 5, respectivamente marcada e severa, caracterizam-se pela presença de mosqueamento, hipoplasia, hipocalcificação e erosões do esmalte, além de desgaste anormal.

Figura 7: Frequência dos índices de mosqueamento (1 a 5) observados em ovinos, segundo a estação amostral (EA).



Verificou-se que a EA2 apresentou índice médio de mosqueamento significativamente maior que as estações EA1 (controle), EA3 e EA4 (Tabela 2), que poderia estar relacionado à proximidade da EA2 a outras fontes emissoras e na direção preferencial dos ventos. Na EA5 verificou-se maior ocorrência do índice de mosqueamento 3 (>60% dos animais) o que contribuiu para um índice médio estatisticamente semelhante à EA2.

Tabela 2: Índice médio de mosqueamento em ovinos, segundo a estação amostral de monitoramento.

Estação amostral	Número animais	Índice médio de mosqueamento	Desvio padrão
1	58	2,60 ^{ab}	0,897
2	64	3,27 ^c	0,913
3	63	2,40 ^a	0,925
4	61	2,72 ^{ab}	0,710
5	64	2,94 ^{bc}	0,924

Números seguidos por letras distintas na mesma coluna são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Ao compararem-se os índices médios de mosqueamento das estações sob influência da usina (EA2 a EA5) à estação controle (EA1), em cada campanha de monitoramento, determinou-se diferença significativa ($p < 0,001$) entre os índices das estações EA2 e EA5 com a estação controle (EA1), apenas na segunda campanha (período de julho de 2012 à 2013).

Comparando-se os índices de mosqueamento dicotomizados em menores de três (< 3 =sem lesão) e maior ou igual a três (≥ 3 =fluorose) (RIET-CORREA et al., 1986), verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) no índice médio entre EA2 e EA1 (controle), como provável influência direta da predominância dos ventos com direção sudoeste e nordeste a partir da usina.

Determinou-se que os ovinos criados na área de influência das emissões atmosféricas da usina (UTPM) possuem maior risco de aparecimento de mosqueamento do que aqueles criados na unidade controle, sendo que os ovinos da EA2 são aqueles que apresentam risco maior (Tabela 3).

Tabela 3: Oddsratio (OR) e risco relativo (RR) para ocorrência de mosqueamento nas estações amostrais (EA) sob influência das emissões atmosféricas da UTE, comparadas à Estação controle (EA1)

EA	OR	IC 95%	RR	IC 95%
2	5,8	2,5 < OR < 13,5	1,7	1,3 < RR < 2,3
3	0,9	0,4 < OR < 1,9	0,9	0,6 < RR < 1,4
4	2,0	1,0 < OR < 4,2	1,3	0,9 < RR < 1,9
5	2,7	1,3 < OR < 5,8	1,5	1,1 < RR < 2,0
todas	2,2	1,2 < OR < 3,9	1,4	1,0 < RR < 1,8

Também Vieira (2014), monitorando a região utilizando bovinos como bioindicador, observou aumento nos índices de mosqueamento nas estações sob influência da Usina, ao longo do tempo, decorrente.

Embora a exposição contínua ao flúor, além das observações dentárias, possa resultar em exostose óssea, as quais dificultam a alimentação e locomoção (HUMBERTO, 2007), estas alterações não foram observadas nos rebanhos avaliados.

A fluorose dentária é decorrente da exposição excessiva ao flúor durante a formação e calcificação dos dentes (HUMBERTO, 2007; RADOSTITS et al., 2000) e as unidades produtivas monitoradas utilizam sistema de produção completo (cria e cria, ou seja, do nascimento ao abate).

O flúor está amplamente espalhado pela natureza, podendo atingir concentrações que levam ao risco de fluorose dental, sendo as principais fontes deste elemento a água natural (HUMBERTO, 2007) e pastagens (CRONIN et al., 2000; JAYARATHNE et al., 2014; MILHAUD et al., 1983), tendo sido registrada intoxicação crônica em ovinos por consumo de água na Austrália, já nos anos 1940 (SEDDON, 1945). Por outro lado, o flúor está presente em diferentes fontes de fosfatos utilizados na suplementação animal assim como na formulação de rações (BOTHIA et al., 1993; CRONIN et al., 2000; RAFFI & MÉNDEZ, 2001).

Botha et al. (1993) investigaram dois surtos de fluorose em bovinos e ovinos, com manifestação de lesões dentárias severas, exostose e laminite. Verificaram que água e pastagens estavam contaminadas com flúor.

Os níveis de flúor mensurados, pelo laboratório na pastagem, foram inferiores a 10 mg.kg^{-1} em todas as coletas. Martins et al. (1992), analisando a concentração de flúor em diferentes espécies de pastagens da região carbonífera de Candiota, observaram valores de flúor superiores aos observados em amostras de referência (fora da área de influência da Usina), inclusive na espécie alvo do presente estudo (*Paspalumnotatum*), que apresentaram concentrações médias de 2,45 a $5,20 \text{ mg.kg}^{-1}$. Considerando os dados de Milhaudet al. (1983), onde ingestão de 3,5 mg de flúor por kg de peso vivo de ovelhas, em um período de cinco meses, resultou em fluorose dentária. Considerando que um animal adulto, com peso médio de 30 Kg, ingere de 2 a 3% de seu peso vivo em matéria seca, os valores ingeridos de alimento que causariam intoxicação por flúor, seriam relativamente muito baixos para tal ocorrência.

Vieira (2014) em pesquisa similar com espécie bovina, verificou que a distância em relação à fonte poluidora não foi o principal fator responsável pelo aumento das lesões dentárias, tendo em vista que as estações mais próximas da Usina apresentaram comportamentos diferentes em relação à gravidade das lesões sugerindo, desta forma, a interferência de outras variáveis não estudadas sobre os índices de mosqueamento. Segundo o autor, a localização geográfica em relação à fonte poluidora, o relevo e os ventos podem interferir na distribuição dos poluentes na atmosfera e, conseqüentemente, na sua deposição no solo e nas pastagens, influenciando, de diferentes formas, a saúde dos animais.

A região originalmente era tipicamente agrícola, com predomínio das atividades agropecuárias, sobretudo a rizicultura. Atualmente, a economia do município tem como base a extração de carvão e geração de energia, através das empresas Companhia Riograndense de Mineração (CRM) e Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE), respectivamente. O polo econômico do município ainda conta com as atividades de exploração de calcário, pelas empresas CIMBAGÉ e VOTORAM, e indústrias cimenteiras. Estas atividades antropogênicas, particularmente indústrias, emitem compostos, sendo a queima de carvão a principal causa do aumento da concentração de flúor no ambiente (JAYARATHNE et al., 2014).

Riet-Correa et al. (1983), avaliaram a ocorrência e frequência de lesões dentárias em bovinos criados em região sob influência de indústrias processadoras de rocha fosfática para produção de adubo verificando que a proximidade com as indústrias aumentava o grau de lesões dentárias. Além das lesões dentárias foi determinada a concentração de flúor nos ossos desses animais, confirmando a ocorrência de intoxicação crônica por flúor. Os autores alertam para os riscos de saúde a que estão expostos os animais e habitantes da região estudada.

5. CONCLUSÕES

Embora as alterações dentárias identificadas nos ovinos avaliados tenham sido evidenciadas de forma discreta, essas foram significativas entre as Estações Amostrais e com a unidade controle, respondendo a hipótese do trabalho. Estatisticamente a EA2 se diferenciou pelos efeitos causados nos bioindicadores. De modo geral, não ocorreram diferenças significativas ao longo dos três anos de monitoramento.

Verificou-se que as quantidades de fluoreto e sílica encontrados na pastagem são relativamente baixos para, isoladamente, desencadear lesões dentárias. A utilização destes critérios de monitoramento, agregados a outros indicadores, como sugestão de interdisciplinaridade entre as pesquisas, são fundamentais para preservação de ecossistemas, como o bioma pampa.

REFERÊNCIAS

AMORIM, L.C.A. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. São Paulo, v.6, supl. 01, p.01–13, 2003.

ANDRADE, J.C.; ABREU, M.F. A utilização de resíduos na agricultura. IN: ANDRADE, J.C.; ABREU, M.F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006.p. 1-10.

BOTHA, C.J.; NAUDÉ, T.W.; MINNAAR, P.P.; VAN AMSTEL, S.R.; JANSE VAN RENSBURG, S.D. Two outbreaks of fluorosis in cattle and sheeps. **Journal of the South African Veterinary Association**, Pretoria, v. 64, n.4, p.165-168, 1993.

BRASIL 2009 – Universidade Federal do Pampa - Mapa localização do bioma pampa. Disponível em: <<http://www.unipampa.edu.br/portal/noticias/3391-pesquisas-ampliam-o-conhecimento-sobre-o-bioma-pampa>>. Acesso 14 de mar de 2015.

BRASIL 2014 – Agencia Nacional de Energia Elétrica –Atlas parte III Fontes não renováveis. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/index.cfm>>. Acesso em 22 dez. 2014.

BRASIL 2014 – Instituto Brasileiro de geografia e Estatística IBGE – Coordenadas geográficas. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 22 dez. 2014.

BRASIL 2015 – Prefeitura Municipal de Candiota - Mapa localização do município de Candiota. Disponível em: < <http://site.candiota.rs.gov.br/dados-e-localizacao>. Acesso em 13 de mar 2015.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**. São Paulo, v.19, n.2, p.465-73, 2003.

CAIRNS Jr., J.; PRATT, J.R.A historyofbiologicalmonitoringusingbenthicmacroinvertebrates.In: ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. (ed)**FreshwaterBiomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 10-27.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia Científica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1983.

CRONIN, S.J.; MANOHARAN, V.; HEDLEY, M.J.; LOGANATHAN, P. Fluoride: a review of its fate, bioavailability, and risks of fluorosis in grazed-pasture systems in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.43, p.295-321, 2000.

CROSSETTI, P.A., SILVA, M.M. da; GARCIA, J.L.F. Possibilidades de aproveitamento do carvão metalúrgico brasileiro. **BNDS Setorial**, Rio de Janeiro, n. 23, p.217- 234, 2006.

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. (Editor). **Coal Combustion Research**. New York: Nova Science, 2010. p.235-248.

EKMANN, J. [Tecnologias limpas de carvão: da mineração a produção de energia]. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO CARVÃO, 2003, Brasília, DF. CD-ROM.

FELLENBERG, G. **Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental**. São Paulo: EPU, 1980.

FONTAINHAS-FERNANDES, A. The use of biomarkers in aquatic toxicology studies. **Revista Portuguesa de Zootecnia**. Vila Real, v.12, n.1, p.67-86, 2005.

FRITZ, K.B.B. **Estudos Ambientais em Candiota: Carvão e seus Impactos**, Impactos Sócio Econômico do Uso do Carvão Mineral em Candiota, RS. (p.30-50). Porto Alegre: Finep/Pdact/Ciamb/Fapergs/Fepam, 2004.

FRITZ, K.B.B.; WAQUIL, P.D. Carvão mineral e impactos ambientais. Disponível em: http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/v_en/Mesa1/7.pdf

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Textos de Epidemiologia para Vigilância Ambiental em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/textos_vig_ambiental.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2015.

GUERRA, T.; FERRARO, L. W.; **Estudos Ambientais em Candiota – Carvão e seus Impactos**. Caracterização Geral da Região de Candiota. Porto Alegre: FINEP/PDACT/CIAMB/FAPERGS/FEPAM, 2004.

HASTENRATH S. Climate dynamics of the tropics. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 488 p. 1991.

HATCH, R.C.; FUNNEL, H.S. Lead levels in tissues and stomach contents of poisoned cattle: a fifteen year survey. **Canadian Veterinary Journal**. Ottawa, v.10. n.10, p.258-262, 1969.

HUMBERTO, H.J.C. Efeitos da ingestão de flúor proveniente do fosfato de rocha e do fluoreto de sódio na fluorose dental de ovinos. 63 f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

IEA 2008 – Agência Internacional de Energia. Parte III. Fontes não renováveis: Carvão mineral. Cap.9. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap9.pdf> Acesso em: 22dez. 2014.

JAYARATHNE, T.; STOCKWELL, C.E.; YOKELSON, R.J.; NAKAO, S.; STONE, E.A. Emissions of fine particle fluoride from biomass burning. **Environmental Science and Technology**. v.48, p.12636-12644, 2014.

JONES, T.C.; HUNT, R.D.; KING, N.W. **Patologia Veterinária**. 6 ed.Cap.15.São Paulo: Manole, 2000.

MCGAVIN, M.D.; ZACHARY, J.F. **Bases da patologia em veterinária**. 2 ed. Cap. 7. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

MCMANUS, C.; LOUVANDINI, H.; DALLGO, B.; MELO, C. B.; SEIXAS, L. **Estimando a idade de um animal usando os dentes**. Disponível em: <animal.unb.br>. Acesso: 15 mar. 2015.

MARÇAL, W.S. Atuação pericial do médico veterinário em ações de biomonitoramento ambiental. **Revista CFMV**.Brasília, n.39, p.27–33, 2005a.

MARÇAL, S.W. Intoxicação por chumbo em gado bovino em zona rural próxima à indústria metalífera. **Veterinária Notícias**. Uberlândia, v.11, n.1, p.87-93, 2005b.

MARÇAL, W.S.; GASTE, L.; LOPES NASCIMENTO, M.R. Identificação e quantificação de chumbo em misturas minerais comercializadas no Estado de São Paulo. **Ciência Animal Brasileira**. São Paulo, v.6, n.4, p.249-253, 2005.

MARÇAL, W.S.; SOUZA, A.M.; NASCIMENTO, M.R.L.; CARVALHO, M.C. Valores de chumbo inorgânico em suplementos minerais para bovinos comercializados no Estado de Goiás. **Arquivos do Instituto Biológico**. São Paulo, v.71, n.1, p.31-34, 2004b.

MARÇAL, W.S.; TRUNKL, I. Poluição industrial na zona rural: implicações na saúde pública. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA. Olinda, PE. **Anais: CBMV**, 1994. p.656.

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.

MILHAUD, G.E.; BORBA, M.A.; KRISHNASWAMY, S. Effect of fluoride ingestion on dental fluorosis in sheep. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.48, n.5, p.873-879, 1987.

MILHAUD, G.; ENRIQUEZ, B.; RIVIÈRE, F. Fluorosis in sheep: new data. In: RUCKEBUSCH, Y.; TOUTIAN, P.L.; KORITZ, G.D. (eds.). **Veterinary Pharmacology and Toxicology**. Netherlands: Springer, 1983. Cap. 58, p.681-690

MORAES, J.C.F. Agnatia e outras malformações mandibulares nos ovinos. Bagé:embrapa-CNPO,1990. Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91610/1/AGNATIA-E-OUTRAS-ok.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

MOREIRA, F.R.; MOREIRA, J.C.A. cinética do chumbo no organismo e sua importância para a saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, v.9, n.1, p.167-81, 2004.

NEVES, R.G.; CHAVES, A.H.S. A Região Carbonífera Tradicional do Rio grande do Sul. In: Centro de Ecologia da UFRGS (org.) **Carvão e Meio Ambiente**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.p.108-129.

NIMER E. Climatologia do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1989.

OLLHOFF, R.D.; PEREIRA, I.R.A.; LUZ, N.C.; MACHADO, F.G. Incidência de alterações dentárias em um rebanho bovino leiteiro. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v.10, n.2, p.95-100, 2005.

PHILIBERT, C. **Energy collaboration and climate change mitigation**. London: OECD, 2004.

RADOSTITS, O.M. et al. **Clínica veterinária**: um tratado de doenças de bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos. 9. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 1737p.

RAFFI, M. B.; MÉNDEZ, M. DEL C. Intoxicação por flúor. In: RIET-CORREA, F. et al. **Doenças de ruminantes e equinos**. 2. ed., São Paulo: Varela, 2001. v.2, 574p.

RAMOS, N.P.; LUCHIARI Jr, A. Conceitos de monitoramento ambiental. Embrapa. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_711200516719.html>. Acesso em: 22 dez. 2014.

RIET-CORREA, F.; OLIVEIRA, J.A.; MENDES, M.C.; SCHIELD, A.L. Poluição industrial como causa de intoxicação por flúor em bovinos no município de Rio Grande, RS. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.3, n.4, p.107-114, 1983.

RIET-CORREA, F.; MÉNDEZ, M.C.; SCHILD, A.L.; OLIVEIRA, J.A.; ZENEBON, O. Lesões dentárias em bovinos e ovinos devidas à poluição industrial causada pela combustão de carvão. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.6, n.1, p.23-31, jan/mar, 1986.

RODRIGUEZ, M.T.R. Usina Termoelétrica Presidente Médici: relatório final. Porto Alegre: Centro de Ecologia – UFRGS, 2010. 153p.

SEDDON, H.R. Chronic endemic dental fluorosis in sheep. *The Australian Veterinary Journal*, Melbourne, v.21, p. 02-08, 1945. doi: 10.1111/j.1751-0813.1945.tb04433.x

SILVA, J.; ERDTMANN, B.; HENRIQUE, J.A.P. **Genética Toxicológica**. Porto Alegre: Alcance, 2003. 424p.

SILVA, M.S.G.M. Biomonitoramento. Brasília: Agência Embrapa de Informação tecnológica, s.d. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CO NTAG01_49_210200792814.html>. Acesso em: 22 dez. 2014.

TANNER, R.L. Measurements in support of air quality improvement: some historical insights. **Atmospheric Environment**. Tennessee, v.37, p.1271-1276, 2003.

TEIXEIRA M. B.; COURA-NETO A. B.; PASTORE U.; RANGEL FILHO A. L. R. Vegetação. In: Levantamento de recursos naturais, (ed. IBGE). IBGE, Rio de Janeiro, pp. 541- 632, 1986.

VAN GESTEL, C.A.M.; VAN BRUMMELEN, T.C. Incorporation of the biomarker concept in ecotoxicology calls for a redefinition of terms. **Ecotoxicology** 5, 217/225. 1996.

VIEIRA, T.R. Bovinos como bioindicador de qualidade ambiental em região sob influência de usina termelétrica. 46 f. (Monografia). Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.