

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**

**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**TAINÁ CHEFER CARDOSO**

**BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR COM *Tradescantia pallida* (Rose)**

**D. R. Hunt, NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA, SANTA CATARINA**

**CRICIÚMA**

**2018**

**TAINÁ CHEFER CARDOSO**

**BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR COM *Tradescantia pallida* (Rose)**

**D. R. Hunt, NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA, SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas no curso de Ciências Biológicas (Bacharelado) da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Miriam da Conceição Martins

**CRICIÚMA**

**2018**

**TAINÁ CHEFER CARDOSO**

**BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR COM *Tradescantia pallida* (Rose)**

**D. R. Hunt, NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA, SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Biológicas, no Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado) da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Mutagênese Ambiental

Criciúma, 22 de novembro de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Miriam da Conceição Martins - Doutora - (UNESC) - Orientadora

Prof. Maria Julia Frydberg Angeloni Corrêa - Mestre - (UNESC)

Prof. Kristian Madeira - Doutor - (UNESC)

**Dedico este trabalho as pessoas que contribuíram para a minha chegada até aqui, em especial minha família, por estarem sempre me apoiando e acreditando em mim.**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me guiado nesta caminhada, pelas pessoas que ele colocou neste caminho, e agradecer até mesmo pelos momentos difíceis.

Agradecimento especial a minha família, meus pais Maria Borges Chefer e Vilmar Daitx Cardoso, que em meio a tantos obstáculos sempre se mostraram prontos para me ajudar, acreditando nas minhas escolhas o tempo todo. A minha irmã Maiara Chefer Cardoso e meu cunhado César Raupp dos Santos, por sempre me incentivarem. Ao meu namorado William Jorge Santos, por sempre me ouvir e me acalmar nos momentos difíceis.

Agradecer também, todos os professores que contribuíram para a minha formação acadêmica, em especial a minha orientadora Prof. Dra. Miriam da Conceição Martins, por todo o conhecimento transmitido durante este período, conhecimentos estes não somente técnicos e profissionais, mas pessoais, que com certeza levarei para a minha vida.

Aos meus colegas do Curso de Ciências Biológicas, em especial, Ágata de Quadros, Andra Oliveira, Jonata Furtado e Lia Nascimento, que estiveram do meu lado durante o tempo de curso, obrigada por fazerem as minhas noites mais alegres e pela parceria de sempre.

As meninas Caroline Pedroso e Sílvia Victoriano, um agradecimento pelo auxílio no meu trabalho, por muitas vezes escutarem meus desesperos e preocupações.

Por fim, quero agradecer aos professores que aceitaram compor minha banca Maria Julia Frydberg Corrêa Angeloni e Kristian Madeira, fico feliz de saber que vocês vão contribuir na minha pesquisa.

**“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”**

**Charles Chaplin**

## RESUMO

O Ar tem importância para a manutenção de todas as formas de vida na terra, porém, atividades antrópicas podem comprometer a qualidade do mesmo, estas provenientes da industrialização e urbanização das cidades, acarretam no maior número de veículos circulantes, como consequência maior serão os poluentes no ar. Alguns organismos são utilizados como indicadores da qualidade atmosférica, os chamados bioindicadores, o vegetal *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt é um excelente bioindicador, que em ambientes poluídos tem a capacidade de manifestar os danos por meio de mutações (alterações genéticas) nas células, formando assim micronúcleos (MCN), dizemos desta forma, que o local tem potencial genotóxico, e o teste é designado bioensaio Trad – MCN. Este teste consiste na coleta dos botões florais, pois é neste momento que está acontecendo a divisão celular (meiose), e quando as células estão passando pela fase de tétrade (telófase II), é possível ver os MCN. Sendo assim, este estudo tem por objetivo analisar a qualidade do ar em determina região da cidade de Criciúma, Santa Catarina, Brasil, utilizado como bioindicador *T. pallida* (Rose) D.R. Hunt. Foram dispostas dez floreiras com três indivíduos do bioindicador em cada uma, em um ponto (Havan) de grande fluxo veicular no município de Criciúma, e um ponto controle (Famcri) em um local mais arborizado, e com menor tráfego de veículos, que foi usado para comparação. A pesquisa foi realizada no período de março a agosto do ano de 2018, com coletas semanais dos botões florais do vegetal, sendo estes colocados em ácido acético por 24 horas e logo transferidos para álcool 70%, para posterior leitura de lâminas. Para a preparação das lâminas os estames do vegetal eram macerados, e uma gota de carmim acético foi utilizado para a coloração das células, para a fixação das mesmas as lâminas eram aquecidas com fósforo aceso por sete segundos. O microscópio foi usado para a leitura das lâminas, e com o auxílio de contador de células foram contadas 300 células em fase de tétrade, e observado o aparecimento de micronúcleos. Os resultados foram obtidos por meio de média e erro padrão, mediana e amplitude interquartil (AIQ). Para as análises foram aplicados nível de significância  $\alpha = 0,05$  e confiança de 95%. Diante das análises os pontos (Havan e Famcri), apresentaram diferença estatisticamente significativa com  $p < 0,001$ . Entre os meses de coleta não foi observado diferença estatisticamente significativa, porém todos em todos os meses foram observados MCN, para o ponto Havan, sendo o mês de maio, com maior frequência. Foi possível verificar também que as variáveis climáticas podem influenciar na frequência de micronúcleos, sendo que, umidade relativa, precipitação em 1h e velocidade máxima do vento, apresentaram correlação negativa, indicando que quando estas variáveis aumentam, as frequências de micronúcleos diminuem, porém, somente para a variável precipitação em 1h, os resultados foram estatisticamente significativo, com valor  $p = 0,027$ . Desta forma, a qualidade do ar do ponto avaliado nesta pesquisa (Havan) se apresentou comprometido, já que quando comparado com o ponto controle (Famcri), obteve frequências de micronúcleos maiores.

**Palavras-chave:** Poluição atmosférica. Toxicologia. Bioindicador. Micronúcleos.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Divisão celular em <i>Tradescantia pallida</i> , a presença de micronúcleos é indicada com as setas.....	16
Figura 2 – Localização da área de estudo, município de Criciúma, Santa Catarina, Brasil. ....	18
Figura 3 - Localização dos pontos para biomonitoramento da qualidade do ar em Criciúma (SC). Ponto 1-região da cidade com grande fluxo veicular. Ponto controle-Famcri, inserida no Parque Natural do Morro do Morro do Céu, Unidade de Conservação, em Criciúma (SC).....	20
Figura 4 - Imagem do bioindicador <i>Tradescantia pallida</i> , com inflorescência .....	21
Figura 5 - Ilustração da metodologia utilizada para realização da análise do bioindicador <i>Tradescantia pallida</i> . ....	22
Figura 6 - Botões florais dispostos em ordem crescente na placa de petri. ....	23
Figura 7 - Estames expostos na lâmina .....	23
Figura 8 - Lâmina pronta para leitura .....	23
Figura 9 - Células em fase de tétrade, vistas no microscópio, com aumento de 100X. ....	24
Figura 10 - Célula em fase de tétrade, com a presença de micronúcleo, vista em microscópio, com aumento de 400x.....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequência média de micronúcleos encontrados nos locais: Havan e Famcri, no período de março/2018 a agosto/2018.....	26
Tabela 2 - Frequência média de micronúcleos encontrados nos locais Havan e Famcri, nos meses de março/2018 a agosto/2018.....	27
Tabela 3 - Frequência média de micronúcleos entre os dias com e sem precipitação encontrada nos locais Havan e Famcri, no período de março/2018 a agosto/2018..	28
Tabela 4 - Correlação entre temperatura do ar, umidade relativa, precipitação em 1h, velocidade máxima do vento e a ocorrência de micronúcleos nos locais Havan e Famcri, no período de março/2018 a agosto/2018.....	29

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS .....	17
1.1.1 Objetivo geral .....	17
1.1.2 objetivos específicos .....	17
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	18
2.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM .....	19
<b>3. AMOSTRAGEM</b> .....	<b>20</b>
3.1 CULTIVO DO BIOINDICADOR .....	20
3.2 COLETA DO BIOINDICADOR .....	21
3.3 ANÁLISE DO BIOINDICADOR.....	21
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	25
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ar é considerado um elemento de grande importância no suporte da sobrevivência de todos os seres vivos do nosso planeta, este contribui para que as funções vitais sejam executadas de forma efetiva. Visto que, a Terra é envolvida por uma camada de gases chamada de atmosfera, esta é dividida em troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera ou ionosfera, sendo a troposfera a camada que mais se aproxima da superfície terrestre, é ali que se estabelece o ar que os seres vivos respiram, a formação deste ar é uma mistura de gases, entre eles estão o nitrogênio, oxigênio, argônio, dióxido de carbono, entre outros (OGA; ZANINI, 2003).

Sabe-se que na natureza o ar nunca é “puro”, pois fenômenos naturais estão sempre acontecendo, como por exemplo, a decomposição de vegetais e animais, atividade vulcânica, incêndios florestais, etc. contudo a concentração que estes eventos atingem dificilmente causam danos (OGA; ZANINI, 2003). Porém, o ambiente natural pode ser transformado pelo homem, quando se tratando de desenvolvimento e crescimento das cidades, um exemplo histórico é quando um país subdesenvolvido inicia seu desenvolvimento industrial, tais transformações podem liberar no ar algumas substâncias nocivas, que podem afetar de forma direta ou indireta diferentes aspectos do meio como a flora, fauna, relevo, clima, hidrologia e o próprio ser humano. (BAIRD, 2002; MARIO, 2012; TEIXEIRA; BARBÉRIO, 2012; SAVÓIA, 2013).

Segundo Mario (2012), poluição atmosférica é um efeito provocado na atmosfera, principalmente por atividade antrópica, por meio de elementos sólidos, líquidos ou gasosos, que em concentrações elevadas podem dar origem ao efeito estufa, bem como redução da qualidade do ar e problemas de saúde em todos os seres vivos. Como citado por Braga et al. (2002), quando existem no ar uma ou mais substâncias químicas, e suas concentrações são capazes de causar danos em seres humanos, animais, vegetais ou materiais, este ar é considerado poluído.

Diante desta problemática, no Brasil foi instituída, por meio da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), a Resolução do CONAMA número 3, em 28 de junho de 1990, sendo então, responsável por estabelecer os padrões de qualidade atmosférica no País, desta forma, todas as regiões devem consultar a Resolução, bem como monitorar a qualidade do ar, de acordo com os padrões ali determinados (BRASIL, 1990).

A resolução do CONAMA 3/1990 considera poluente atmosférico:

[...] qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; II - inconveniente ao bem-estar público; III - danoso aos materiais, à fauna e flora. IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (BRASIL, 1990, p. 01).

Para Savóia (2013) existem duas fontes de poluição atmosférica, as fontes móveis que se enquadram os veículos automotores, considerados desta forma a principal fonte poluidora, e as fontes estacionárias como sendo as indústrias, que ficam em segundo lugar nos índices de poluição do ar.

Entre os elementos poluidores de maior relevância, estão o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SO) e material particulado, estes são considerados poluentes primários, uma vez que são emitidos diretamente na natureza, e portanto responsáveis por mais de 98% da poluição do ar, sendo que são provenientes de veículos automotores e processos industriais, e quando em concentrações elevadas podem comprometer a saúde humana, prejudicando também a fauna e a flora (KLUMPP et al. 2001; OGA, ZANINI, 2003; SAVÓIA, 2013).

Para Baird (2002), a maior produção de poluição atmosférica, proveniente das atividades humanas, é sem dúvida provocada pelo funcionamento dos motores de automóveis. Outro fator importante, é que a maior parcela de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido na atmosfera, é proveniente da queima de combustíveis fósseis, sendo que este gás é um dos principais responsáveis pelo efeito estufa (BRAGA et al. 2002).

Nas áreas urbanas, onde o fluxo veicular é intenso, o material particulado proveniente da queima de combustíveis fósseis é a principal fonte de poluição atmosférica, sendo que sobre a saúde humana, este composto tem efeito a curto e longo prazo (FAJERSZTAJN; VERAS; SALDIVA, 2018). A situação se agrava quando se observa o aumento na frota veicular para o Brasil, que segundo inventário realizado pelo Ministério do Meio Ambiente, em 2012 o número de veículos chegou a 49 milhões, isso corresponde a um aumento de 27% desde 2009 (BRASIL, 2013).

Estudos realizados em sete capitais brasileiras, mostram que cerca de 5% das mortes anuais, causadas por problemas respiratórios em idosos e crianças estão associadas a poluição atmosférica, possivelmente proveniente da queima de combustíveis fósseis produzidos por veículos automotores (HARBERMANN;

MEDEIROS GOUVEIA, 2011). Para Andrade Junior et al. (2008), não somente os grandes centros urbanos, mas também cidades de pequeno e médio porte, podem ter altos níveis de poluentes atmosféricos. Como é o caso do estado de Santa Catarina, que apresenta evidência de impactos na qualidade do ar, oriundas do agrupamento de indústrias na região, grande fluxo de veículos, e a ausência de controle das emissões atmosféricas (CAMARA et al. 2015).

E apesar destes fatos, Santa Catarina não possui rede básica de monitoramento de qualidade atmosférica implantada, pois de acordo com o diagnóstico feito pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente, até 2014, somente doze estados do Brasil possuem este sistema, entre eles estão: Rio de Janeiro (RJ), São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Espírito Santo (ES), Rio Grande do Sul (RS), Paraná (PR), Bahia (BA), Maranhão (MA), Sergipe (SE), Distrito Federal (DF), Goiás (GO) e Mato Grosso (MT) (IEMA, 2014).

Por tanto, muitos são os efeitos que a poluição do ar pode causar, para Savóia (2007), os efeitos que ocorrem nos seres são provenientes de uma cadeia de eventos, que é iniciada pela emissão do poluente, sua dispersão por fatores climáticos, e por fim ocasiona efeitos nos seres vivos. A toxicologia é a ciência que estuda as interações entre substâncias químicas e organismo, a fim de entender os efeitos nocivos que estas podem causar sobre o ser vivo, sendo que a Toxicologia Ambiental é uma área dentro da toxicologia que se preocupa em compreender tais interações relacionadas com o meio ambiente (água, solo, ar) (OGA; ZANINI, 2003).

Em vista disso, a ciência é parte importante nas políticas de controle de qualidade do ar, pois é sabido que muitas regiões do mundo conseguiram melhorar a qualidade atmosférica e oferecer benefícios à saúde, por meio de produção científica. Porém, no Brasil é necessário rever os padrões de qualidade do ar, já que estes foram estabelecidos em 1990, e desde lá só foram revistos no Estado de São Paulo (FAJERSZTAJN, VERAS, SALDIVA, 2018).

Diante destes dados, os estudos sobre biomonitoramento da qualidade do ar se mostram como ferramenta fundamental para a comunidade técnico científica, que tem grande preocupação dos riscos que podem causar a poluição atmosférica para todos os seres vivos.

Alguns organismos quando inseridos em ambientes poluídos, reagem de forma integrada com os poluentes, produzindo respostas sobre determinado ambiente, estes são denominados como bioindicadores ou biomonitores, sendo

assim sob o ponto de vista biológico a medida da qualidade do ar se torna mais realista (COSTA et al. 2015).

Desta forma, pesquisas com biomonitoramento conferem respostas aos riscos e impactos que podem causar em organismos vivos, expostos a ambientes poluídos, enquanto que trabalhos com métodos físico-químicos muito utilizados para verificar as normas e valores limites das concentrações de poluentes no ar, por meio de modelos matemáticos, não permitem a detecção de impactos causados nos seres vivos (ALVES et al. 2001; CARNEIRO, 2004).

Os vegetais são muito utilizados em trabalhos de biomonitoramento da qualidade atmosférica, estes se apresentam mais sensíveis que mamíferos, pois além de terem reações a ação tóxica dos poluentes, apresentam: desarranjo nas organelas e de paredes celulares, quebras cromossômicas e mutações gênicas, efeitos biológicos e bioquímicos (ALVES et al. 2001; SAVÓIA, 2007).

Os bioindicadores vegetais podem ainda ser classificados como, indicadores de reação e indicadores de acumulação. Os Indicadores de reação são aqueles que manifestam a modificação de forma micro ou macroscópica, se modificando fisiologicamente, geneticamente, etologicamente ou morfológicamente, enquanto os indicadores de acumulação, retém elementos tóxicos, especialmente metais, reproduzindo assim a quantidade de concentração dos poluentes na atmosfera (KLUMPP et al., 2001).

Segundo Carneiro 2004, entre os organismos bioindicadores mais utilizados estão os líquens, por que possuem capacidade de acumular minerais e tem grande distribuição geográfica; os musgos, pois sobrevivem em ambientes poluídos, além de também terem ampla distribuição geográfica e interação direta com o meio onde vivem; bem como as plantas superiores (vasculares), por serem organismos eucariotos, de fácil adaptação, podendo se desenvolver o ano todo e com a possível visualização de danos genéticos (ALVES, 2001; SPOSITO; FRANCISCO; GRISOLIA, 2017).

O gênero *Tradescantia* vem sendo muito utilizado em pesquisas de biomonitoramento de qualidade atmosférica, sendo que é comprovado a eficácia da espécie *Tradescantia pallida* (Rose) D.R Hunt, na avaliação do potencial genotóxico de poluentes do ar, por meio de bioensaios em testes de micronúcleo (MA et al. 1994). Esta planta tem fácil adaptação e multiplicação em qualquer ambiente, bem como produz flores o ano inteiro, em campos, canteiros, vasos e quintais, além de

possuir seis pares de cromossomos parcialmente grandes, favorecendo o seu uso em trabalhos de biomonitoramento ambiental (CARVALHO, 2005; SAVÓIA, 2007).

Popularmente chamada de coração-roxo *Tradescantia pallida*, possui coloração arroxada, é uma planta de porte pequeno, possuindo de 20 a 30 centímetros, considerada desta forma como herbácea. De origem Mexicana, pertence à família Commelinaceae, suas folhas são carnosas e glabras, com comprimento de 4 a 9 cm, as suas flores são normalmente solitárias, com coloração róseas ou roxas, pouco vistosas (LORENZI, 2015).

Sabendo que potencial genotóxico é aquele capaz de produzir algum efeito sobre o material genético, nos bioensaios com *Tradescantia pallida* micronúcleos são formados quando em contato com xenobióticos, este teste constitui-se da frequência de micronúcleos em células-mãe do grão de pólen (SAVÓIA, 2007). O efeito causado por poluentes ocorre por meio de mutações, segundo Schaeffer; Thompson (2015) mutação é uma alteração genética hereditária, ou seja, transmitida de uma célula para outra, neste caso, ocorre uma mudança na sequência de nucleotídeos ou arranjo do DNA (THOMPSON, 2002).

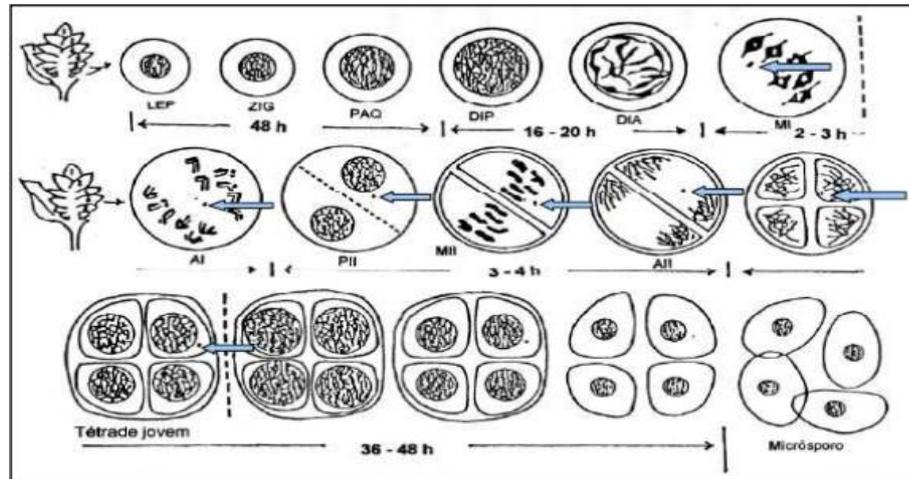
A mutação pode ocorrer de forma espontânea ou induzida, quando ocorre naturalmente, é chamada então de mutação espontânea. Já a mutação induzida é a que ocorre, por agentes causadores de danos e/ou alterações no DNA, chamados de mutagênicos, visto que, induzem ou aumentam as taxas de mutações, estes podem ser substâncias químicas (SCHAEFFER, THOMPSON, 2015).

Sendo assim, na divisão celular (figura 1) é que se dá a formação dos micronúcleos, podendo ocorrer por clastogênese, que é a quebra de cromossomos, e/ou aneugênese que são aberrações cromossômicas numéricas. Desta forma, estruturas pequenas ficam perdidas no citoplasma, formando uma membrana nuclear própria, muito similar ao núcleo principal, porém não são incluídas nos núcleos das células filhas durante meiose, ficando assim conhecidos como micronúcleo (TEIXEIRA; BARBÉRIO, 2012; SPOSITO; FRANCISCO; GRISOLIA, 2017).

Carvalho (2005); Savóia (2007), afirmam que na meiose os cromossomos são mais sensíveis do que na mitose, sendo assim o efeito genotóxico ocorre no início da prófase I, porém o micronúcleo só é passível de visualização quando está na fase de tétrade. Esta, que é na verdade a fase da telófase II, que ocorre na mitose, e é caracterizada pela desespiralização dos cromossomos, logo formando

duas células diploides ( $2n$ ), permitindo assim a visualização dos micronúcleos, já que a membrana nuclear faz a reconstituição desses fragmentos (RIBEIRO, 2003).

Figura 1 - Divisão celular em *Tradescantia pallida*, a presença de micronúcleos é indicada com as setas.



Fonte: Ma, 1983 apud LIMA, 2007.

Sposito, Francisco e Grisolia (2017), concluíram em revisão bibliográfica, que a espécie *Tradescantia pallida* é um excelente bioindicador, pois todos os trabalhos com bioensaio Trad – MCM se mostraram significativos para poluição atmosférica proveniente de tráfego de veículos, produção industrial e queima de biomassa.

Para o estado de Santa Catarina não existem trabalhos científicos publicados com a utilização de bioensaio com Trad – MCM, para monitoramento de qualidade atmosférica, como foi verificado por Sposito, Francisco e Grisolia (2017), a região sudeste tem 43% dos trabalhos realizados no Brasil, especialmente em São Paulo, por isso este trabalho se mostra muito importante para a região de Santa Catarina.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar a qualidade do ar em determinada região da cidade de Criciúma, Santa Catarina, Brasil, verificando os efeitos mutagênicos no bioindicador *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a frequência de micronúcleos em células na fase de tétrade de *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt, em determinados pontos, da cidade de Criciúma, SC, Brasil.
- Identificar se as condições climáticas, como: temperatura do ar, umidade relativa, precipitação e velocidade do vento, influenciam na frequência de micronúcleos encontrados em células na fase de tétrade.

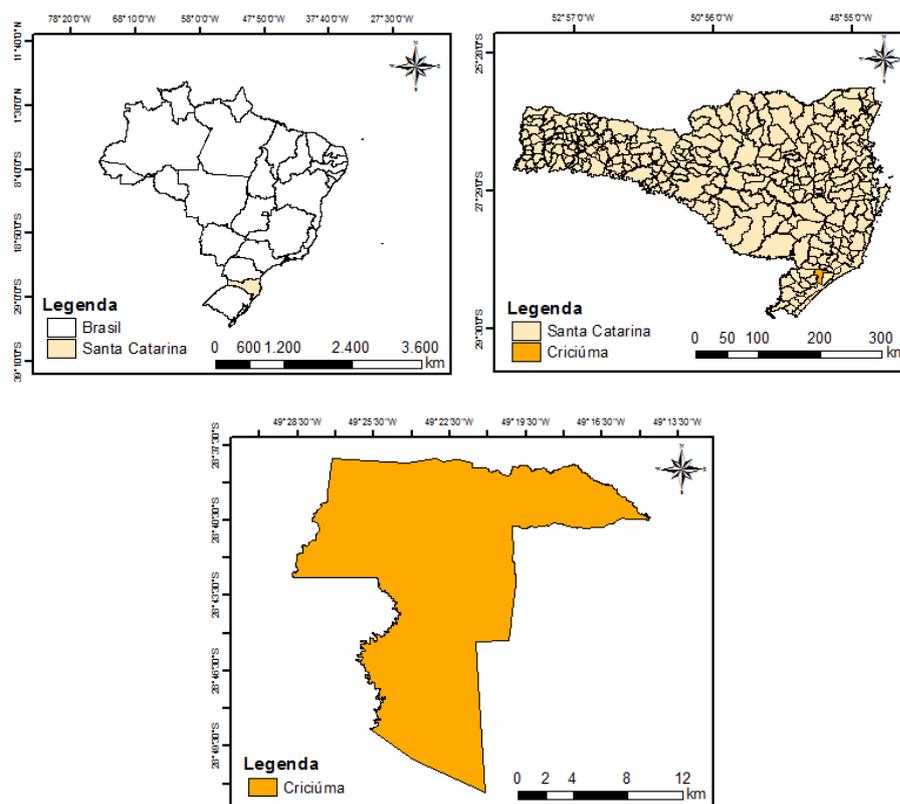
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Criciúma, Região Sul do estado de Santa Catarina (Figura 2). A cidade possui clima temperado úmido, com verões quentes, e invernos frios, a temperatura média fica entre 22°C (ALVARES, et al., 2013). De acordo com o último censo, feito em 2010 pelo IBGE, o município possui população de 192.308 habitantes, já em 2018 estima-se que a população esteja em 213.023 habitantes, com área de unidade territorial (2017) de 235,701 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018).

Criciúma é popularmente conhecida como a cidade carbonífera, pois apresenta em seu subsolo as maiores reservas de carvão do país, por conta disso, a extração deste mineral caracterizou o desenvolvimento da cidade e se apresenta ainda hoje como a principal atividade do município. Aumentando assim, a economia do local e conseqüentemente o número de veículos circulantes, que de acordo com os dados estatísticos do IBGE, estão em 148.228 veículos (IBGE, 2016).

Figura 2 – Localização da área de estudo, município de Criciúma, Santa Catarina, Brasil.



Fonte: Do autor, 2017.

## 2.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Desta forma foram selecionados dois pontos de coleta no município de Criciúma (figura 3), sendo que um está caracterizado de acordo com o fluxo veicular, no perímetro urbano, e o outro se refere ao ponto negativo, está inserido em uma Unidade de Conservação. Foram dispostas dez floreiras de *Tradescantia pallida* (ROSE) D.R. Hunt, nos respectivos pontos.

O primeiro ponto se localiza na avenida centenário da cidade de Criciúma, com as coordenadas latitude 28°41'26.81"S e longitude 49°23'29.61"O, como já mencionado este ponto tem amplo fluxo veicular, isso ocorre possivelmente por que esta avenida é a principal da cidade, dando acesso aos principais locais do município. E também por que é em frente a loja Havan, loja esta que tem movimento intenso, muitos veículos vão até o local, aumentando ainda mais o fluxo dos veículos no local, por este motivo o ponto ficou denominado como Havan. Além da instalação da uma empresa siderúrgica (SICAL), a mesma trabalha com fundição de ferro e aço.

O ponto negativo foi colocado na Fundação do Meio Ambiente de Criciúma (FAMCRI), que está inserida no Parque Natural Municipal do Morro do Céu, uma Unidade de Conservação, que se localiza na Rua Saldanha da Gama, Bairro Comerciário, com as seguintes coordenadas, latitude 28°41'17.99"S e longitude 49°21'30.64"O, no município de Criciúma, Santa Catarina. Esta Unidade de Conservação é considerada um fragmento urbano, com fundamental importância ecológica e paisagística para a cidade, possui área de aproximadamente 127,78 hectares, sendo que é classificada como estágio inicial de sucessão, pois apresenta grande frequência de espécies pioneiras e secundárias iniciais (UNESC/IPAT, 2011).

Figura 3 - Localização dos pontos para biomonitoramento da qualidade do ar em Criciúma (SC). Ponto 1-região da cidade com grande fluxo veicular. Ponto controle-Famcri, inserida no Parque Natural do Morro do Morro do Céu, Unidade de Conservação, em Criciúma (SC)



Fonte: Google Earth, 2018.

### 3. AMOSTRAGEM

#### 3.1 CULTIVO DO BIOINDICADOR

O cultivo das mudas de *Tradescantia pallida* foi realizado no horto florestal da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), as mesmas foram colocadas em floreiras de tamanho 19 x 50 cm de comprimento, e logo levadas para os pontos de amostragem, sendo dispostas dez floreiras em cada ponto, com três indivíduos em vaso, totalizando desta forma 30 indivíduos por ponto.

Figura 4 - Imagem do bioindicador *Tradescantia pallida*, com inflorescência



Fonte: Do autor, 2018

Foram realizadas coletas semanais, no período de pré-floração da espécie (botão), pois é neste momento que as mesmas estarão em meiose, tornando possível a visualização das células na fase de tétrade, o estudo foi executado durante o período de março a agosto de 2018.

### 3.2 COLETA DO BIOINDICADOR

A análise do bioindicador ocorreu no laboratório de Farmacognosia, Homeopatia e Fitoterápico, da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). O material coletado foi colocado 24 horas em solução fixadora de ácido acético, logo após colocado então em álcool 70% para posteriormente realizar as leituras (MA et al., 1994).

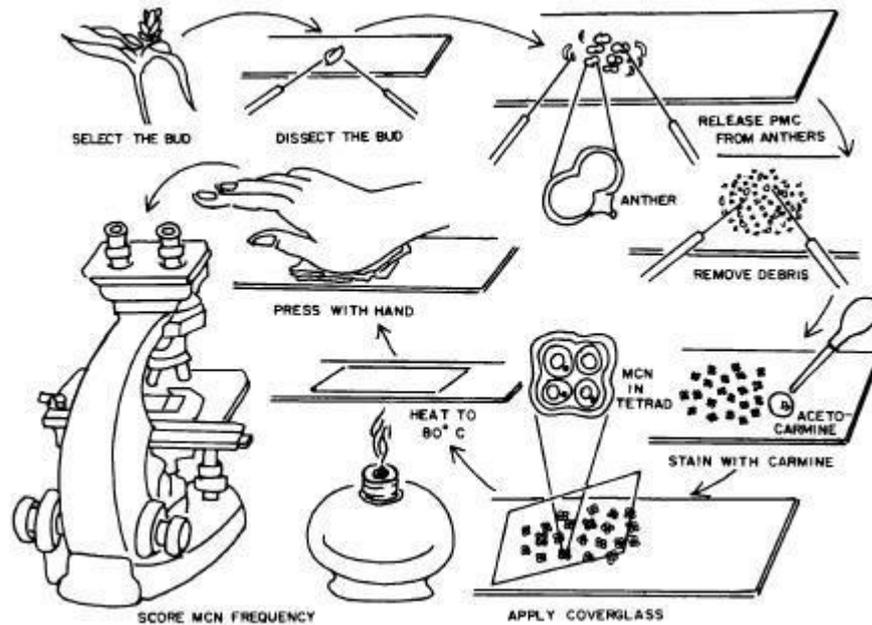
### 3.3 ANÁLISE DO BIOINDICADOR

Para a realização das leituras, foi realizado a seguinte metodologia (figura 5), primeiramente os botões eram colocados por ordem crescente em placa de Petri (figura 6), isso por que normalmente os botões que estão em fase de tétrade são os intermediários, sendo assim, facilita a visualização dos botões que devem estar na fase necessária para o trabalho, seguido disso foram confeccionados lâminas para cada um dos botões. Esse processo ocorreu por meio do esmagamento das anteras,

os estames ficam expostos e podem ser retirados com auxílio de uma pinça, colocados então em lâmina e macerados (figura 7) (MA et al., 1994). Após este processo fez-se o uso de carmim acético para coloração das células, logo, os estames foram retirados e uma lamínula colocada sobre a lâmina para a retirada do excesso de carmim acético (figura 8), para finalizar o processo, a lâmina foi aquecida fixando assim as células (MA et al., 1994).

Foram confeccionadas dez lâminas para cada ponto, sendo que em cada uma das lâminas foram contadas 300 células na fase de tétrade (figura 9), e observado o aparecimento de micronúcleos (figura 10), a contagem foi realizada por meio de um contador e microscópio (MA et al., 1994).

Figura 5 - Ilustração da metodologia utilizada para realização da análise do bioindicador *Tradescantia pallida*.



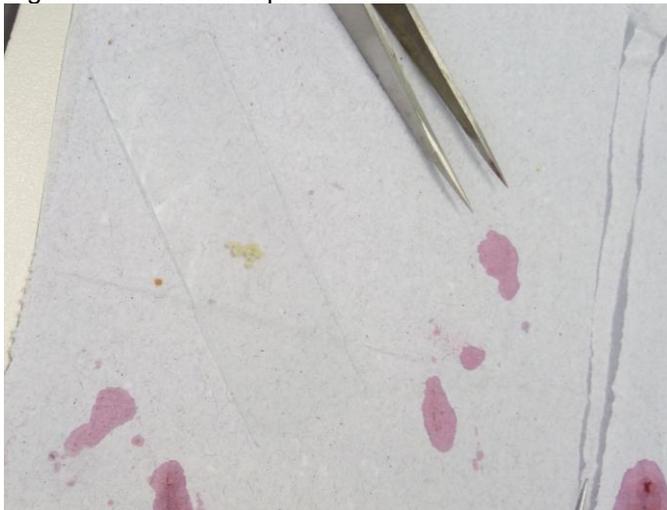
Fonte: MA, 1981.

Figura 6 - Botões florais dispostos em ordem crescente na placa de petri.



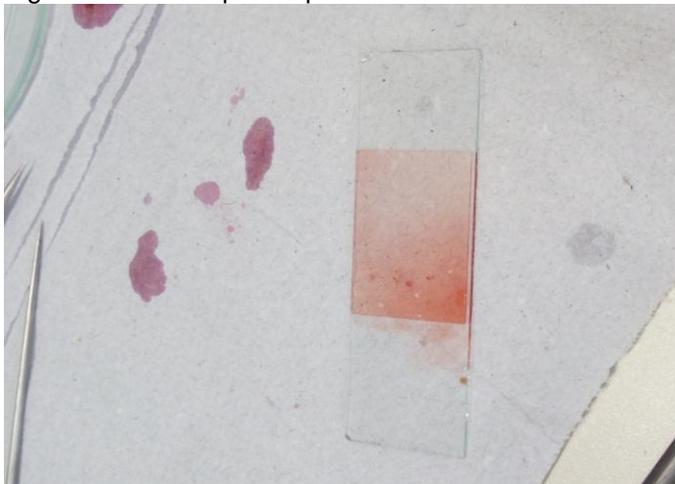
Fonte: Do autor, 2018.

Figura 7 - Estames expostos na lâmina



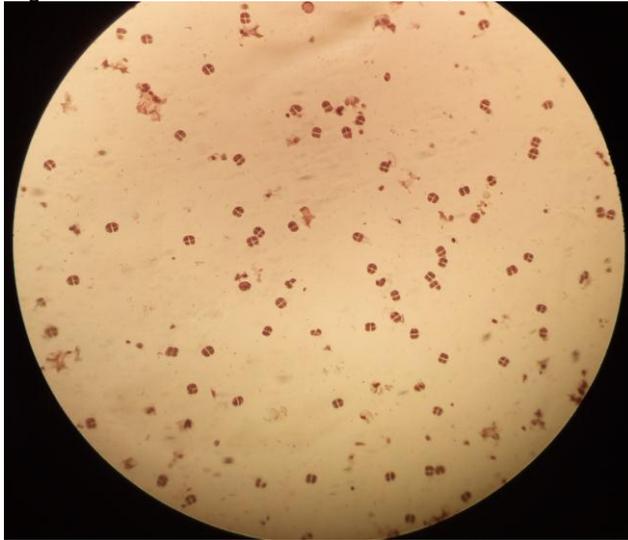
Fonte: Do autor, 2018.

Figura 8 - Lâmina pronta para leitura



Fonte: Do autor, 2018.

Figura 9 - Células em fase de tétrade, vistas no microscópio, com aumento de 100X.



Fonte: Do autor, 2018.

Figura 10 - Célula em fase de tétrade, com a presença de micronúcleo, vista em microscópio, com aumento de 400x.



Fonte: Do autor, 2018.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados no Laboratório de Pesquisa Aplicada em Computação e Métodos Quantitativos (LACOM), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

A análise de dados foi feita por meio do software IBM StatisticalPackage for the Social Sciencies versão 22.0, onde foram avaliados média e erro padrão, mediana e amplitude interquartil (AIQ), com significância de  $\alpha = 0,05$  e confiança de 95%.

As variáveis quantitativas foram avaliadas quanto à normalidade de sua distribuição, por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov.

O teste U de Mann-Whitney foi aplicado para comparação da média de micronúcleos entre os locais.

As comparações da média de micronúcleos os meses investigados e a precipitação, foram realizadas pela aplicação do teste H de Kruskal-Wallis.

Para obter o valor da correlação da frequência de micronúcleos e as variáveis: temperatura do ar, umidade relativa, precipitação em 1h, velocidade máxima do vento e velocidade média do vento foi utilizado o cálculo do coeficiente de correlação de Kendall ( $\tau$ ).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos com base na frequência média de micronúcleos, visualizados nos locais de amostragem, foram comparados o ponto amostral com o ponto controle, os meses de maior ocorrência de micronúcleos, bem como comparados com as variáveis abióticas (precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento), e serão exemplificados a seguir.

A tabela 1 apresenta a frequência média de micronúcleos encontrados nos locais de amostragem.

Tabela 1 - Frequência média de micronúcleos encontrados nos locais: Havan e Famcri, no período de março a agosto/2018.

Locais	n	Média ± EPM	Mediana (AIQ)	Valor – p <sup>#</sup>
Havan	22	2,68 ± 0,49	2,5(1,0-4,0)	<0,001
Famcri	21	0,10 ± 0,07	0,0(0,0-0,0)	

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

EPM – Erro Padrão da Média.

AIQ – Amplitude interquartil.

#Valor obtido após aplicação do teste U de Mann-Whitney.

Foram feitas lâminas com 300 células em fase de tetrade no ponto da Havan (n = 22) e no ponto da Famcri (n = 21). Comparando os dois pontos de amostragem quanto a ocorrência de micronúcleos, estes apresentaram diferença estatisticamente significativa (p <0,001).

Essa diferença possivelmente está relacionada com o fluxo de veículos que os dois locais apresentam, sendo que na Havan a ocorrência de veículos circulantes é maior do que na Famcri. Em trabalho realizado também na cidade de Criciúma, Alves (2017), utilizou como ponto controle o mesmo deste trabalho (Famcri) e observou que a ocorrência de micronúcleos neste ponto foi menor do que em outro ponto que possui grande fluxo veicular, corroborando assim com os resultados apresentados nesta pesquisa.

No município de Sangão (SC), os resultados foram semelhantes, com diferença significativa (p <0,001), entre os pontos de amostragem e o ponto controle, contribuindo com os resultados aqui descritos (Zaccaron, 2016).

Blume et al. (2014), na sua pesquisa também com bioensaio Trad - MCN, na cidade de Sapucaia do Sul, região metropolitana de Porto Alegre (RS), observou que as maiores médias de micronúcleos foram encontrados no ponto com maior circulação de veículos, divergindo estatisticamente do ponto controle.

Assim como Costa et al. (2015), também em estudo no Rio Grande do Sul, porém no município de São Leopoldo, obteve resultados semelhantes, onde as frequências de micronúcleos encontrados no ponto amostral, diferem significativamente quando comparadas com o ponto controle.

Todos os trabalhos aqui descritos, se assemelham com a presente pesquisa, sendo assim, pode-se considerá-la de grande importância para o município de Criciúma, Santa Catarina.

Outro fator, é que no ponto Havan tem a presença de um semáforo, e segundo Andrade Junior et al. (2008), locais que apresentam semáforos tem maior incidência de poluição, isso por que muitos veículos param e “arrancam”, liberando assim maior quantidade de combustíveis fósseis.

Conseqüentemente, a maior frequência de micronúcleos encontrados no ponto Havan, pode estar indicando que este local é potencialmente genotóxico, sendo este justificado pela genotoxicidade que as características atmosféricas do local, causaram na planta bioindicadora, como também visto e relatado por Blume et al. (2014), para a região de Sapucaia do Sul.

A tabela 2 demonstra a relação entre a média de micronúcleos por ponto, com os meses de amostragem.

Tabela 2 - Frequência média de micronúcleos encontrados nos locais Havan e Famcri, nos meses de março a agosto/2018.

Variáveis	Média ± EPM		Valor – p <sup>#</sup>
	Havan n=22	Famcri n=21	
Março	2,00 ± 1,00	0,00 ± 0,00	-
Abril	3,00 ± 1,47	0,00 ± 0,00	-
Maio	4,67 ± 2,33	0,00 ± 0,00	-
Junho	2,50 ± 0,64	0,00 ± 0,00	-
Julho	2,25 ± 1,32	0,25 ± 0,25	0,486
Agosto	2,00 ± 0,71	0,20 ± 0,20	0,056

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

EPM – Erro Padrão da Média.

#Valor obtido após aplicação do teste U de Mann-Whitney.

Foram feitas lâminas com 300 células em fase de tétrade, sendo que n representa o número de coletas realizadas no período de março a agosto de 2018.

Como é possível observar na tabela acima, não houve diferença significativa na frequência de micronúcleos, entre os locais de coleta em cada mês. Porém, o local Havan apresentou ocorrência de micronúcleos durante todo o período

de amostragem (março até agosto). O mesmo foi observado por Zaccaron (2016), que em um período de cinco meses de coleta, não apresentou diferença significativa na frequência de micronúcleos entre os meses de amostragem, entretanto, todos os meses foi verificado a presença de MCN.

Apesar da não significância, quando comparado os meses de coleta, pode-se compreender que o mês de maio apresentou maior frequência de micronúcleos do que os demais meses.

O mês de maio é caracterizado pela estação de outono, de acordo com os dados de Monteiro (2001), nesta estação a região Sul de Santa Catarina se apresenta normalmente com tempo bom, sem a ocorrência de chuvas. Como veremos mais adiante, os altos níveis de precipitação podem influenciar na baixa frequência de micronúcleos, se assim for, a maior ocorrência de MN registradas neste trabalho no mês de maio, pode estar associada aos baixos índices de chuva na estação outono (MONTEIRO, 2001).

Teixeira; Barbério (2012), obtiveram resultado semelhante em estudo realizado no município de Taubaté, Vale do Paraíba (SP), onde a maior frequência de micronúcleos foi observada entre os meses de abril a junho, em um ponto de grande tráfego veicular, uma importante rodovia que liga as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.

As médias de MN encontrados no ponto controle (Famcri), podem ter sido provenientes de mutações espontâneas, que muitas vezes acontecem, mesmo que em ambientes sem poluição atmosférica, podem ser decorrentes a fatores climáticos também (PEREIRA et al. 2012).

A tabela 3 apresenta a média de micronúcleos relacionados com a precipitação (não chove, chuva leve, chuva moderada e chuva forte), encontrados nos pontos de amostragem.

Tabela 3 - Frequência média de micronúcleos entre os dias com e sem precipitação encontrada nos locais Havan e Famcri, no período de março a agosto/2018.

Precipitação	n	Média ± EPM	Mediana (AIQ)	Valor – p <sup>#</sup>
Não chove	17	2,35 ± 0,65	1,0(0,0–4,0)	0,131
Chuva leve	18	1,00 ± 0,37	0,0(0,0–2,0)	
Chuva moderada	7	0,43 ± 0,30	0,0(0,0–0,5)	
Chuva forte	1	0,00 ± 0,00	0,0(0,0–0,0)	

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

EPM – Erro Padrão da Média.

#Valor obtido após aplicação do teste H de Kruskal-Wallis.

Quando comparado os pontos de coleta (Havan e Famcri), com as variáveis de precipitação pode-se observar que a frequência média de micronúcleos aumenta quando não chove e diminui conforme a chuva aumenta, sendo que as médias ficaram em zero nos dias de chuva forte. Alves (2017), também observou que quando os índices de precipitação aumentavam a frequência de micronúcleos baixava, e as maiores ocorrências de micronúcleo foram encontradas nos períodos sem chuva.

Segundo os dados obtidos por Savóia (2007), os índices de precipitação influenciam na frequência de micronúcleos, sendo que em seu trabalho também foi observado menor ocorrência de micronúcleos enquanto os índices de precipitação aumentavam. Assim como Teixeira; Barbério (2012), que também encontraram menor frequência de micronúcleos quando os níveis de precipitação aumentavam.

Para Guerra (2016), partículas grandes de poluentes são prontamente eliminadas com a precipitação, elas podem ficar retidas, seja quando a gota da chuva cai, ou até mesmo quando ela está em desenvolvimento.

De acordo com Larcher (2000) a disponibilidade de água faz o controle do fechamento dos estômatos nas plantas, sendo assim para Savóia 2007, a baixa frequência de micronúcleos em períodos com maior precipitação, pode estar associada ao fator de fechamento dos estômatos com a água, pois estes estarão fechados também para os poluentes.

Tabela 4 apresenta a correlação da frequência de micronúcleos, dos locais amostrados, com as variáveis de clima (temperatura do ar, umidade relativa, precipitação em 1h e velocidade máxima do vento).

Tabela 4 - Correlação entre temperatura do ar, umidade relativa, precipitação em 1h, velocidade máxima do vento e a ocorrência de micronúcleos nos locais Havan e Famcri, no período de março a agosto/2018

Variáveis	$\tau$	Valor – p <sup>#</sup>
Temperatura do ar	0,017	0,882
Umidade relativa	-0,140	0,234
Precipitação em 1h	-0,283	0,027*
Velocidade Máxima do Vento	-0,023	0,845

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

#Valor obtido por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Kendall ( $\tau$ ).

\*Correlação estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Por meio dos dados obtidos pela Epagri/Ciram de Florianópolis (2018), sobre temperatura do ar, umidade relativa, precipitação em 1h e velocidade máxima

do vento, é possível perceber que, para as variáveis umidade relativa, precipitação em 1h e velocidade máxima do vento houve correlação negativa, isso significa que quando a média dessas variáveis aumentam a ocorrência de micronúcleos diminui.

A precipitação em 1h apresentou valor-p estatisticamente significativo ( $p = 0,027$ ). Resultados muito semelhantes foram verificados por Alves (2017), onde para a variável precipitação teve valor-p estatisticamente significativo ( $p = 0,026$ ), comprovando assim que esta variável influencia na frequência de micronúcleos.

Ainda em estudo no estado de Santa Catarina, Pavani (2016), registrou resultados semelhantes em trabalho realizado no município de Morro da Fumaça (SC), que apesar de não serem estatisticamente significativos, apresentaram correlação negativa, o autor explica que quanto menor os índices de precipitação, maior a frequência dos micronúcleos.

Savóia (2007) propõem que *T. pallida* apresenta estresse hídrico, pois em seu trabalho também obteve resultados de relação inversa entre frequência de micronúcleos e precipitação e umidade relativa do ar.

Em trabalho realizado na cidade de Itajá (RN), foram apresentados resultados semelhantes a essa pesquisa, com relação a velocidade máxima do vento e a frequência de MN, segundo os autores, quanto maior a velocidade do vento, maior será a dispersão dos poluentes atmosféricos, reduzindo desta forma os efeitos genotóxicos causados nas células de *T. pallida* (SILVA et al. 2013)

Os poluentes são carregados para longe das suas fontes, sendo que quanto maior for a velocidade dos ventos, para mais longe serão levados os poluentes e logo as partículas poluidoras ficarão menores, por conta desta dispersão (GUERRA, 2016).

Logo, condições climáticas influenciam na formação de micronúcleos em células de *T. pallida*, para Klumpp (2004) a baixa umidade do ar junto com a temperatura elevada, são condições apropriadas para a abertura dos estômatos, podendo então aumentar a absorção e o transporte de substâncias com potencial mutagênico para as células. Estes dados corroboram com a presente pesquisa, que apresenta maiores frequências de micronúcleos em umidade relativa do ar baixa e temperatura elevada.

## 5 CONCLUSÃO

Por meio do trabalho realizado, foi possível concluir que o bioindicador *Tradescantia pallida* se mostrou muito eficiente, quando se tratando de biomonitoramento de qualidade atmosférica, além de que o bioensaio Trad – MCN é um teste de baixos custos, a planta apresenta fácil cultivo e adaptação.

Mediante os resultados apresentados nesta pesquisa, conclui-se que no município de Criciúma, o ponto avaliado nesta pesquisa (Havan), pode apresentar potencial genotóxico, possivelmente proveniente do intenso tráfego veicular, dado que apresentou diferença nas médias de micronúcleos entre o ponto controle (Famcri).

Porém faz-se necessários estudos integrados, com *T. pallida*, e com os testes físico-químicos, para assim ter uma melhor avaliação dos contaminantes que estão presentes na cidade.

Os meses de amostragem não demonstraram diferenças significativas entre eles, porém o mês de maio com maior frequência de MCNs, pode estar relacionado com os índices de precipitação. Sendo assim, um estudo com um maior período de amostragem é essencial para correlacionar esses dados e entender em qual época do ano possuem mais poluentes dispersos na atmosfera.

Fatores abióticos influenciam na frequência de micronúcleos, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação, logo estes fatores podem estar dispersando os poluentes, fazendo desta forma com que eles não cheguem no bioindicador, como é citado na literatura.

São necessários também mais pesquisas que envolvem o bioensaio Trad – MCN, visto que esta é uma importante ferramenta no biomonitoramento atmosférico, e o estado de Santa Catarina não possui trabalhos publicados nesta perspectiva.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES, C. D.; **Biomonitoramento da qualidade do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Runt no campus da Universidade do Extremo Sul Catarinense no município de Criciúma, Santa Catarina, Brasil.** 2017. 38f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação Ciências Biológicas) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

ALVES, E. S.; GIUSTI, P. M.; DOMINGOS, M.; SALDIVA, P.H.N.; GUIMARÃES, E.T.; LOBO, D.J.A. Estudo anatômico foliar do clone híbrido 4430 de *Tradescantia*: alterações decorrentes da poluição aérea urbana. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 561-566, dez. 2001.

ANDRADE JÚNIOR, S. J. de; SANTOS JÚNIOR, J. C. S.; OLIVEIRA, J. da L.; CERQUEIRA, E. de M. M.; MEIRELES, J. R. C. Micronúcleos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. purpurea Boom: alterações genéticas decorrentes de poluição aérea urbana. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 295-301, 2008.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BLUME, K. K.; COSTA, G. M. da; CASSANEGO, M. B. B.; DROSTE, A. Genotoxicidade do ar em área urbana na região metropolitana de Porto Alegre, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 158-163, jul./set. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 03** de 28 de junho de 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 ano-base 2012. Brasília, 2000. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario\\_de\\_Emissoes\\_por\\_Veiculos\\_Rodoviaros\\_2013.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2018.

CAMARA, V. F. LISBOA, H. M. HOINASKI, L. DAVID, P. C. Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil. **Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 213-218, abr./jun. 2015.

CARNEIRO, R.M.A. **Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade**. 2004. 169 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CARVALHO, H. de A. A *Tradescantia* como bioindicador vegetal na monitoração dos efeitos clatogênicos das radiações ionizantes. **Radiologia Brasil**. 38 (6): 459-462. 2005.

COSTA, G. M da; CASSANEGO, M. B. B.; PETRY, C. T.; SASAMORI, M. H.; JUNIOR, D. E.; DROSTE, A. Avaliação da influência do tempo de exposição de *Tradescantia pallida* var. *purpurea* para biomonitoramento da genotoxicidade do ar atmosférico. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 224-230, out/dez. 2015.

FAJERSZTAJN, L.; VERAS, M. M.; SALDIVA, P. H. N. Poluição do ar e efeitos para a saúde. In: HESS, S. C. (Org.). **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Outras expressões, 2018. p. 237 – 257.

GUERRA, H.R. **Poluição atmosférica**. Disponível em: <[http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/CADayse/MaterialDaDisciplina/Heitor\\_Poluiuo\\_do\\_Ar\\_-\\_Heitor.pdf](http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/CADayse/MaterialDaDisciplina/Heitor_Poluiuo_do_Ar_-_Heitor.pdf)>. Acesso em 20 out. 2018.

HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 120-30, 2011.

IEMA, Instituto de Energia e Meio Ambiente. 1º diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil. 267p. 2014. Disponível em: <[http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_Versao\\_Final\\_Std.pdf](http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Versao_Final_Std.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 2010). **Santa Catarina**: Criciúma. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sc/criciuma/panorama>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 2016). **Santa Catarina**: Criciúma. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sc/criciuma/pesquisa/22/28120>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G.; FOMIN, A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 511-518, dez. 2001.

KLUMPP, A., ANSEL, W., FOMIN, A., SCHNIRRING, S. & PICKL, C. Influence of climatic conditions on the mutations in pollen mother cells of *Tradescantia* clone 4430 and implications for the Trad-MCN bioassay protocol. **Hereditas**, Lund, Sweden 141: 142-148, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa, 2000. 531 p.

LORENZI, H. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015. 1120 p.

MA, T. H. *Tradescantia* micronucleus bioassay and pollen tube chromatid aberration test for *in situ* monitoring and mutagen screening. **Environmental Health Perspectives**, Estados Unidos, vol.37, p.85-90, 1981.

MA, T. H. Tradescantia-micronucleus (Trade-MCN) test for environmental clastogenesis. In: A. R. Klover, T. K. Wong, L. D. Grant, R. S. Dewoskin & T. J. Huges (eds). *In vivo* toxicity testing of environmental agents. **Plenum Press**, New York, p. 191-214, 1983.

MA, T. H., CABRERA G. L., CHEN, R., GILL, B. S., SANDHU, S. S., VANDENBERG, A. L. & SALAMONE, M. F. 1994. *Tradescantia* micronucleus bioassay. **Mutation Research**, 310: 221-230.

MARIO, M. P. J. **Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: Análise na cidade de Porto Alegre, RS**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p.1-10, jan./jun. 2001.

OGA, Seizi; ZANINI, Antonio Carlos. **Fundamentos de toxicologia**. 2.ed São Paulo: Atheneu, 2003. 474 p.

PAVANI, J. B. **Biomonitoramento do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt no município de Morro da Fumaça, Santa Catarina, Brasil**. 2016. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Ciências Biológicas) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

PEREIRA, B. B. **Biomonitoramento da qualidade do ar da cidade de Uberlândia por meio de ensaios citogenéticos com *Tradescantia***. 2012. 100f. Dissertação (Doutorado em Genética e Química) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2012.

RIBEIRO, L. R.; MARQUES, E. K. A importância da mutagênese ambiental na carcinogênese humana. **Mutagênese Ambiental**. Editora Ulbra. Canoas: 1ª edição, 2003.

SAVÓIA, E. J. L. **Potencial de *Tradescantia pallida* cv. Purpurea para biomonitoramento da poluição aérea de Santo André – São Paulo, por meio do bioensaio Trad – MCN e do acúmulo foliar de elementos tóxicos**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SAVÓIA, E. J. L. **Potencial de *Tradescantia pallida* cv. Purpurea para acumular metais pesados oriundos da poluição atmosférica particulada na região do grande ABC paulista.** 2013. 144f. Dissertação (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2013.

SCHAEFER, G. Bradley; THOMPSON, James N. **Genética médica: uma abordagem integrada.** Porto Alegre: AMGH Ed., 2015. 374 p.

SILVA, K.K.; DIAS, S.A.M.M.; MATIAS, J.N.R.; FARIAS, K.F.; SENA, M.M.S.; CARVALHO, A.S.; ALVES, N.O.; GALVÃO, M.F.O.; DUARTE, F.T. **Biomonitoramento da qualidade do ar da cidade de Itajá – RN.** In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN. Anais do 19º Congresso Engenharia DO IFRN. Currais Novos: IFRN, 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/1340/106>>. Acesso em: 28 out. 2018.

SPOSITO, J. C. V.; FRANCISCO, L. F. V.; GRISOLIA, A. B. Efetividade do ensaio Trad-MCN para avaliação de contaminantes atmosféricos em regiões brasileiras. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 3, p. 13, mai./jun. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v12n3/1980-993X-ambiagua-12-03-00500.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

TEIXEIRA, M. C. V.; BARBÉRIO, A. Biomonitoramento do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var *purpurea* Boom (Commelinaceae). **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 279-292, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.982>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

THOMPSON, Margaret W.; NUSSBAUM, Robert L.; MCINNES, Roderick R.; WILLARD, Huntington F. **Thompson & thompson: genética médica.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, c 2002. 387 p.

UNESC/IPAT, **PLANO DE MANEJO DO PARQUE NATURAL MUNICIPAL MORRO DO CÉU**, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1230/2/Plano%20de%20manejo%20do%20PParqu%20Natural%20Municipal%20Morro%20o%20C%3%A9u.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

ZACCARON, I. C. **Biomonitoramento do ar com *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt no município de Sangão, Santa Catarina.** 2016. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Ciências Biológicas) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.