



DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MESTRADO EM ANÁLISES QUÍMICAS AMBIENTAIS

**FITOEXTRACÇÃO DE CÁDMIO DE SOLOS CONTAMINADOS,
COM PLANTAS SELECIONADAS**



Ana Sofia Ferraz Alves

Orientadora: Professora Doutora Ana Paula Pinto

Évora, 13 de Julho de 2009

UNIVERSIDADE DE ÉVORA - DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MESTRADO EM ANÁLISES QUÍMICAS AMBIENTAIS

FITOEXTRACÇÃO DE CÁDMIO DE SOLOS

CONTAMINADOS, COM PLANTAS SELECIONADAS

179 907



Ana Sofia Ferraz Alves

Orientadora: Professora Doutora Ana Paula Pinto

Relatório de estágio realizado sob a orientação da Professora Doutora Ana Paula Honrado Pinto, apresentado na Universidade de Évora para a obtenção do grau de Mestre em Análises Químicas Ambientais.

Resumo

A remediação de locais contaminados com metais pesados usando plantas hiperacumuladoras aparenta ser uma alternativa bastante viável. Neste trabalho comparou-se a acumulação e tolerância ao cádmio (Cd), ambas baseadas nas respostas ao stress oxidativo em três espécies de plantas diferentes: *Brassica juncea* (L.) Czern., *Nicotiana tabacum* L. e *Solanum nigrum* L., descritas na literatura como plantas bastante tolerantes ou até com características hiperacumuladoras. As plantas cresceram num solo contaminado com diferentes concentrações de Cd (0 - 35 mg kg⁻¹) durante um período de 90 dias.

O factor de translocação (FT), utilizado para medir a translocação efectiva do Cd da raiz para a parte aérea, variou consideravelmente entre as espécies desenvolvidas. A *N. tabacum* foi a planta que apresentou os maiores valores de FT. Neste trabalho foi a única planta que preencheu todas as condições para ser considerada hiperacumuladora para todos os níveis de contaminação do solo. Por outro lado, a *S. nigrum* apresentou os maiores valores de concentração de Cd nos tecidos, com um FT > 1, na presença de 5 mg Cd kg⁻¹ de solo. Apesar da *B. juncea* ter apresentado um resultados de FT inferior às restantes, foi a única planta com valores crescentes de FT com o aumento da contaminação de Cd.

O stress oxidativo nas plantas desenvolvidas foi avaliado pela peroxidação lipídica e pelas actividades da catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (GPX) e superóxido dismutase (SOD), quer na raiz quer na parte aérea. Foi observado um aumento significativo (*versus* controlo) na peroxidação lipídica e actividade enzimática da CAT e APX na parte aérea da *B. juncea*, *N. tabacum* e *S. nigrum* para os níveis de contaminação mais elevados, 15 e/ou 35 mg Cd kg⁻¹. A *B. juncea* apresentou maior sensibilidade na resposta da GPX, para todas as concentrações de Cd no solo. A peroxidação lipídica e a actividade da CAT foram superiores na parte aérea em relação à raiz para todas as plantas em todas as contaminações de Cd presentes no solo. A actividade da SOD não apresentou respostas consistentes para nenhuma das plantas.

CADMIUM PHYTOEXTRACTION FROM CONTAMINATED SOILS BY SELECTED PLANTS

Abstract

Remediation of sites contaminated with heavy metals using hyperaccumulators seems a promising alternative to engineering approaches. In this work, we compared cadmium (Cd) accumulation and tolerance (based on responses to oxidative stress) in three different species, *Brassica juncea* (L.) Czern., *Nicotiana tabacum* L. and *Solanum nigrum* L., described in the literature as very tolerant or even as hyperaccumulators. The plants were grown in soil spiked with different Cd concentrations (0 - 35 mg kg⁻¹) over a period of 90 days.

The translocation factor (TF), used to measure the effectiveness of translocating Cd from roots to shoots, depended greatly on the species. *N. tabacum* was the plant which exhibited the highest TF values. It was the only plant under study that fulfilled the conditions of a hyperaccumulator for all levels of soil contamination. On the other hand, *S. nigrum* presented the highest Cd concentration in plant tissues, with TF > 1 in the presence of 5 mg Cd kg⁻¹ of soil. Although *B. juncea* had presented the lowest TF and Cd concentrations, it was the only plant with TF values increasing with the level of cadmium.

Oxidative stress in plants was evaluated by lipid peroxidation and activities of catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX), guaiacol peroxidase (GPX) and superoxide dismutase (SOD), both in roots and shoots. A significant enhancement (*versus* control) on lipid peroxidation and enzymatic activity of CAT and APX in shoots of *B. juncea*, *N. tabacum* and *S. nigrum* was observed for the highest levels of Cd in soil, 15 and/or 35 mg Cd kg⁻¹. *B. juncea* presented the most sensitive response of GPX, for all levels of Cd in soil. Lipid peroxidation and CAT activity were greater in shoots than in roots for all plants and soil Cd concentrations. SOD activity did not present consistent trends for any plant.

AGRADECIMENTOS

À Professora **Doutora Ana Paula Pinto**, orientadora científica, pela oportunidade, apoio, dedicação, amizade, presença, sugestões e incentivos ao longo de todo este trabalho.

À Professora **Doutora Ana Maria Mota**, docente do Instituto Superior Técnico, pelo acompanhamento e sugestões durante a fase do trabalho de laboratório no IST, e sobretudo pelas palavras de apoio e de coragem manifestadas desde o primeiro momento em fases mais complicadas. À **Teresa Armas**, responsável pela formação na determinação de concentrações de cádmio nos tecidos vegetais no IST, um agradecimento especial.

À Professora **Doutora Luísa Martins**, Professor **Doutor Miguel Mourato** do Instituto Superior de Agronomia, pelo acompanhamento, esclarecimento e sugestões durante a fase do trabalho de laboratório no ISA. À **Ana Isabel Cardoso**, responsável pela formação na determinação de parâmetros enzimáticos e não enzimáticos nos tecidos vegetais no ISA, um agradecimento especial.

À Professora **Ana Dordio**, pelo acompanhamento na implementação e formação na determinação de parâmetros enzimáticos e não enzimáticos nos tecidos vegetais no laboratório da Universidade de Évora.

Aos meus **colegas** dos vários laboratórios da Universidade de Évora, pela forma como me fizeram sentir integrada e bem recebida, possibilitando a minha rápida adaptação em terras alentejanas...

Aos **funcionários** da Universidade de Évora que de forma directa ou indirecta contribuíram para a instalação e condução dos ensaios e para a realização de algumas análises.

À minha família, especialmente aos meus **PAIS** pelo apoio irrestrito, amor e compreensão dedicados, e também a todos os meus **amigos**, o meu especial reconhecimento pelo encorajamento, compreensão e apoio prestados no decurso deste trabalho.

A todas as restantes pessoas que não enunciei, mas que contribuíram e fizeram parte deste percurso... Muito Obrigada!

LISTA DE ABREVIATURAS

ADN – ácido desoxirribonucleico

ANOVA – análise de variância

APX - Ascorbato peoxidase

ARN – ácido ribonucleico

CAT - Catalase

Cd – cádmio

EAAC - espectrometria de absorção atómica com chama

FB - Factor de Bioconcentração

FT - Factor de Translocação

GPX - Guaiacol peroxidase

H₂O₂ - peróxido de hidrogénio

MDA – monodihidroascorbato

MO – microondas

O₂^{-•} - radical superóxido

OH[•] - radical hidróxilo

PF – peso fresco

PS – peso seco

PTFE – politetrafluoretileno, teflon®

ERO – espécies reactivas de oxigénio

SOD - Superóxido dismutase

US – ultrasons

UV - Vis – radiação ultravioleta - visível

ÍNDICE

Resumo	i
Agradecimentos	iii
Lista de abreviaturas	v
Índice	vi
Lista de tabelas	ix
Lista de figuras	x
I. INTRODUÇÃO	1
<hr/>	
1. O Cd como contaminante	3
1.1 Origem e comportamento no solo	3
1.2 Acção sobre as plantas	4
1.2.1 Interacção solo – planta	5
1.2.2 Absorção e transporte de metais	6
1.2.3 Acumulação e toxicidade	7
1.3 Mecanismos de defesa celular	8
1.3.1 Superóxido Dismutase (SOD), EC 1.15.1.1	9
1.3.2 Catalase (CAT), EC 1.11.1.6	10
1.3.3 Guaiacol peroxidase (GPX), EC 1.11.1.7	10
1.3.4 Ascorbato peroxidase (APX), EC 1.11.1.11	11
1.3.5 Geração de espécies reactivas de oxigénio e actividade enzimática antioxidante das células	11
1.4 Peroxidação Lipídica	13
1.5 Técnicas de Fitorremediação	14
1.5.1 Fitoextracção	16
1.5.2 Vantagens e Desvantagens	16
2. Plantas Seleccionadas	17
2.1 <i>Brassica juncea</i> L. Czern	18
2.2 <i>Solanum nigrum</i> L.	19
2.3 <i>Nicotiana tabacum</i> L.	20
II. MATERIAL E MÉTODOS	21
<hr/>	
1. Material utilizado nos ensaios	22
1.1 Solo	22

1.2 Plantas	22
2. Instalação e condução dos ensaios	22
2.1 Sementeira e Transplantação	23
2.2 Sistema de rega	24
2.3 Recolha de amostras	24
2.3.1 Plantas	24
2.3.2 Solo	24
2.4 Tratamento das amostras	24
2.4.1 Plantas	24
2.4.2 Solo	24
3. Determinações efectuadas e métodos utilizados	25
3.1 Plantas	25
3.1.1 Actividade enzimática antioxidante	25
Determinação da actividade enzimática antioxidante da Catalase (CAT), EC 1.11.1.6	25
Determinação da actividade enzimática antioxidante da Guaiacol Peroxidase (GPX), EC 1.11.1.7	26
Determinação da actividade enzimática antioxidante da Superóxido Dismutase (SOD), EC 1.15.1.1	26
Determinação da actividade enzimática antioxidante da Ascorbato Peroxidase (APX), EC 1.11.1.11	27
3.1.2 Peroxidação lipídica	28
3.1.3 Determinação do Cd nos tecidos vegetais	29
3.1.3.1 Extracção por Microondas (MO)	29
3.1.3.2 Extracção por Ultra-sons (US)	30
3.1.3.3 Validação da extracção com sonda de ultra-sons	30
3.2 Solo	31
3.2.1 Determinação dos metais: Cd, Zn, Pb e Cu	31
3.2.2 Determinação do pH em amostras de solo	32
3.2.3 Caracterização mineralógica do solo por Difracção de Raios X	32
4. Avaliação estatística dos resultados	32
III. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
1.1 Efeito do cádmio na produção de biomassa vegetal	35
1.2 Acumulação de Cd nos tecidos vegetais	37
1.3 Peroxidação lipídica	39
1.4 Stress Oxidativo	42

Catalase	42
Ascorbato – Peroxidase	43
Guaiacol – Peroxidase	45
Superóxido – Dismutase	47
IV. CONCLUSÕES	49
<hr/>	
V. BIBLIOGRAFIA	52
<hr/>	
ANEXOS	64
<hr/>	
ANEXOS I	65
ANEXOS II	67
ANEXOS III	71
ANEXOS IV	75
ANEXOS V	79
ANEXOS VI	83
ANEXOS VII	87
ANEXOS VIII	91
TRATAMENTO ESTATÍSTICO	
<hr/>	
ANEXOS IX	95
ANEXOS X	109
ANEXOS XI	119
ANEXOS XII	133
ANEXOS XIII	147
ANEXOS XIV	161
ANEXOS XV	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Parâmetros físico-químicos do solo utilizado nos ensaios	22
Tabela 2.2 – Concentração (mg kg^{-1}) de nutrientes minerais aplicados	23
Tabela 2.3 – Concentração de cádmio (mg Cd kg^{-1}) aplicada ao solo e respectiva duração do ensaio	23
Tabela 2.4 – Número de plantas por vaso	24
Tabela 2.5 – Reagentes utilizados na determinação da actividade enzimática da CAT	25
Tabela 2.6 – Reagentes utilizados na determinação da actividade enzimática da GPX	26
Tabela 2.7 – Reagentes utilizados na determinação da actividade enzimática da SOD	27
Tabela 2.8 – Reagentes utilizados na determinação da actividade enzimática da APX	28
Tabela 2.9 – Solução de extracção, metal analisado e tempo de amostragem	31
Tabela 3.1 – Concentração de Cd na parte aérea e na raiz, factor de translocação e factor de bioconcentração da <i>B. juncea</i> , <i>N. tabacum</i> e <i>S. nigrum</i> , ao fim de 90 dias após sementeira	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Curvas de resposta de um organismo em função da dose a que se encontra exposto (Alvarenga <i>et al.</i> , 1998)	5
Figura 1.2 - Dinâmica representativa dos elementos no sistema solo - planta (rizosfera) (adaptado de Alloway, 1995)	6
Figura 1.3 - Ciclo básico das ERO (adaptado de [1])	9
Figura 1.4 - Efeito do cádmio na geração de ERO e nas actividades enzimáticas antioxidantes (adaptado de Sharma & Dubey, 2005)	12
Figura 1.5 - Representação de uma membrana celular	14
Figura 1.6 - Mecanismos de fitoremediação de solos contaminados com metais pesados	15
Figura 1.7 - Taxonomia de <i>Brassica juncea</i> L. Czern	18
Figura 1.8 - Taxonomia de <i>Solanum nigrum</i> L.	19
Figura 1.9 - Taxonomia de <i>Nicotiana tabacum</i> L.	20
Figura 2.1 - Aspecto geral da sementeira da (a) <i>S. nigrum</i> L. e (b) <i>N. tabacum</i> L.	23
Figura 3.1 - Efeitos da concentração de Cd no solo na biomassa da parte aérea e raiz das plantas <i>B. juncea</i> (■), <i>N. tabacum</i> (■) e de <i>S. nigrum</i> (■)	36
Figura 3.2 - Peroxidação Lipídica (malondialdeído) observadas para a parte aérea e raiz das plantas <i>B. juncea</i> (■), <i>N. tabacum</i> (■) e de <i>S. nigrum</i> (■)	40
Figura 3.3 - Actividade Enzimática da CAT observada para a parte aérea e raiz das plantas <i>B. juncea</i> (■), <i>N. tabacum</i> (■) e de <i>S. nigrum</i> (■)	43
Figura 3.4 - Actividade Enzimática da APX observada para a parte aérea e raiz das plantas <i>B. juncea</i> (■), <i>N. tabacum</i> (■) e de <i>S. nigrum</i> (■)	44
Figura 3.5 - Actividade Enzimática da GPX observada para a parte aérea e raiz das plantas <i>B. juncea</i> (■), <i>N. tabacum</i> (■) e de <i>S. nigrum</i> (■)	46
Figura 3.6 - Actividade Enzimática da SOD observada para a parte aérea e raiz das plantas <i>B. juncea</i> (■), <i>N. tabacum</i> (■) e de <i>S. nigrum</i> (■)	48

I – INTRODUÇÃO



A poluição dos solos pode ocorrer devido a processos de erosão de rochas cuja estrutura elementar seja considerada perigosa, devido à aplicação de lamas residuais urbanas, à libertação de efluentes de indústrias, à aplicação de fertilizantes e pesticidas de maneira irremediável em solos cultivados, de tal modo que a produção agrícola corre o risco de estar comprometida a longo prazo.

Alguns metais pesados, em particular o cádmio (Cd), são considerados poluentes que podem originar graves problemas de degradação da qualidade do solo e, conseqüentemente, dos meios hídricos (Alloway, 1995; Barceló *et al.*, 1998; Gonçalves, 2000).

Ao concentrar-se nas camadas superiores do solo, precisamente onde se encontra a maior parte do sistema de raízes das plantas (Cunningham *et al.*, 1995; Das *et al.*, 1997), as elevadas concentrações de Cd podem não ser suficientes para revelar sintomas de fitotoxicidade. No entanto, estas concentrações são consideradas tóxicas quando ingeridas e/ou introduzidas na cadeia alimentar, uma vez que a sua permanência nos organismos é elevada.

Para haver redução dos riscos associados à introdução na cadeia alimentar de metais perigosos e para que a qualidade ambiental seja salvaguardada, interessa conhecer as interações solo-metal-planta. O conhecimento destas interações tem especial interesse no âmbito da fitoextração. De facto, o recurso a técnicas de depuração do solo e dos meios hídricos, utilizando plantas tolerantes a concentrações elevadas de metais tóxicos, implica um conhecimento profundo dos mecanismos que condicionam o desenvolvimento das plantas em meios contaminados e dos mecanismos de defesa e/ou tolerância envolvidos. Assim, a absorção e acumulação dos metais pelas plantas e, de um modo geral, todos os processos que ao nível do solo condicionam a biodisponibilidade do metais, são aspectos importantes nesta problemática.

1. O Cd como contaminante

1.1 Origem e comportamento no solo

O cádmio é um elemento raro em solos não poluídos, e não ocorre na natureza na forma isolada, mas sob a forma de sulfuretos, em minérios de zinco, chumbo e cobre (United Nations Environmental Programme, 2006). Não é recuperado como minério principal, mas sim como um sub-produto mineiro, principalmente do zinco (United Nations Environmental Programme, 2006). A sua concentração na crosta terrestre é da ordem de 0,01 a 1 mg Cd kg⁻¹ de solo (Varenes, 2003). Nos horizontes superficiais de solos muito poluídos por este metal, podem encontrar-se valores da ordem dos 40 mg Cd kg⁻¹ de solo (Gonçalves, 2000; Pinto, 2002). Nas fontes de poluição maioritárias deste metal a sua concentração varia entre 2 e 200 mg Cd kg⁻¹ (United Nations Environmental Programme, 2006).

O cádmio pode ser bioacumulado em toda a cadeia trófica, provocando a intoxicação em seres humanos, embora algumas concentrações sejam consideradas não fitotóxicas para algumas plantas. Quando um elemento potencialmente tóxico é absorvido, em concentrações elevadas, pode penetrar nas células e alterar o seu funcionamento normal, com inibição da actividade enzimática (Dias, 2000; Torres, 2003). Para que se possa manifestar a toxicidade em relação aos seres vivos, o cádmio deve encontrar-se biodisponível para ser captado por estes (Vullo, 2003).

O cádmio aparece no solo em várias fracções, isto é retido na fase sólida, adsorvido às partículas coloidais, como ião livre na solução do solo e ainda no complexo organo-mineral solúvel (Azevedo, 1995).

O cádmio presente na solução do solo, pode ocorrer na forma de catião Cd²⁺, estado de oxidação mais comum e importante, mas em função das condições edafoclimáticas este catião pode integrar um conjunto de espécies iónicas diferentes formando diversos complexos com a matéria orgânica. Outros factores podem afectar a solubilidade do Cd no solo, tais como o pH, o potencial redox (E_h), a textura do solo, a capacidade de troca catiónica (Mahler *et al.*, 1982), sendo considerados os mais importantes os dois primeiros. Estes factores são determinantes para avaliar a concentração dos metais pesados de acordo com a biodisponibilidade, toxicidade e mobilidade dos mesmos (Impellitteri *et al.*, 2001; Pinto *et al.*, 2004). O pH da solução tem influência marcante na adsorção do Cd, e manifesta-se pela mudança da densidade da carga eléctrica da superfície dos minerais de carga variável. Sob condições ácidas, a solubilidade do cádmio aumenta, e a adsorção em colóides, oxi-hidróxidos e matéria orgânica é pouca extensa (United Nations Environmental Programme, 2006). Em condições anóxicas, as formas sólidas que aparecem no solo são o óxido (CdO) ou os hidróxidos cristalinos e amorfos, o carbonato (CdCO₃) e o fosfato (Cd(PO₄)₂), enquanto que em condições redutoras aparece normalmente o sulfureto (CdS) de cádmio, bastante insolúvel (Fergusson, 1990; Baker e Amacher, 1982, *cit in* Domingues,

1999). Todos estes compostos ajudam na remoção do cádmio da solução do solo sob a forma de precipitados, sendo esta uma das principais vias de controlo da disponibilidade do metal no solo (Sadiq e Zaidi, 1981 *cit in* Azevedo, 1995).

A maioria do cádmio solúvel está na forma de quelatos e/ou complexos orgânicos, mas tanto a adsorção como a quelatação e/ou complexação são afectadas fortemente pelo pH do solo. Valores de pH ácidos aumentam a disponibilidade dos metais para as plantas, embora estes possam não estar na solução do solo (Foy *et al.*, 1978).

Por outro lado, o Cd tem tendência a sofrer desadsorção na presença de outros metais pesados, especialmente com o zinco, que apresenta maior capacidade de competição pelos locais de adsorção (Christensen, 1985 *cit in* Azevedo, 1995).

1.2 Acção sobre as plantas

A absorção de um elemento por parte de uma planta, não constitui uma forte evidência que esse elemento desempenhe qualquer tipo de papel no crescimento desta. Apenas quando este se encontra numa forma disponível pode ser absorvido. As plantas podem diferenciá-los como sendo elementos essenciais e elementos não essenciais (Mehra *et al.*, 1994). Um elemento é considerado essencial para uma planta, quando esta não pode completar o seu ciclo de vida na sua ausência. Para ser considerado como tal, a acção do elemento deve ser específica, de forma a que nenhum outro o possa substituir, ou devido ao facto deste ser constituinte de um metabolito essencial ou necessário para o próprio funcionamento do sistema enzimático da planta, ou ainda poder estar envolvido na manutenção do balanço iónico das células vegetais (Mehra *et al.*, 1994).

Os elementos essenciais podem ser divididos em macronutrientes (C, H, O, N, P, K, S, Ca e Mg) necessários em concentrações $\geq 1000 \text{ mg Kg}^{-1}$ de peso seco da planta, e micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Ni, Si e Na) necessários em concentrações $\leq 100 \text{ mg Kg}^{-1}$ de peso seco da planta (Mehra *et al.*, 1994). São considerados de metais essenciais o Fe, o Cu, o Mn, o Zn, o Co, o Mo, o Ni e o Na, no entanto excessivas concentrações destes metais no ambiente da planta podem provocar sintomas tóxicos nas mesmas (Alloway, 1995). Operando como um factor de "stress" para as plantas, estas desencadeiam sistemas de respostas fisiológicas que podem ir desde pequenas alterações no seu crescimento até à inibição total deste. Alguns dos efeitos dos metais são a redução do crescimento da raiz, cloroses, necroses nas folhas conduzindo a sintomas de senescência e abscisão (Mehra *et al.*, 1994). A figura 1.1 traduz uma curva de resposta de um organismo em função da concentração de um elemento metálico essencial.

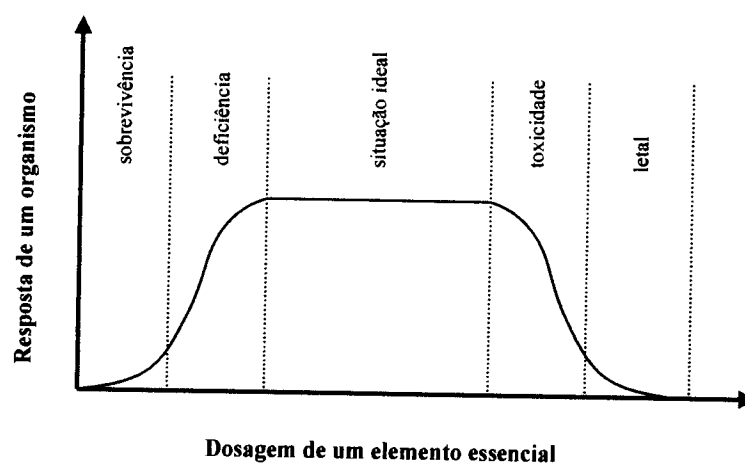


Figura 1.1 - Curva de resposta de um organismo em função da dose a que se encontra exposto (Alvarenga et al., 1998).

Em situações de stress as plantas desenvolvem sistemas de auto-protecção em relação aos metais, dos quais se salienta o aumento da actividade antioxidante como consequência da geração de espécies reactivas de oxigénio (ERO) na célula, a produção de metalotioninas e de fitoquelatinas, compartimentação subcelular e exsudação de compostos orgânicos radiculares (Toppi *et al.*, 1998).

Estudos sobre a distribuição do cádmio em tecidos vegetais mostram que uma grande fracção do metal absorvido é imobilizado nos tecidos da raiz, desempenhando esta uma barreira à entrada dos metais tóxicos na planta (Leita *et al.*, 1996).

O cádmio, pela sua semelhança com o zinco, é facilmente absorvido e translocado no interior das plantas. A capacidade das plantas em acumular cádmio varia bastante, sendo *Lactuca sativa* L. (alface), *Spinacia oleracea* L. (espinafre), *Apium graveolens* (aipo), e *Brassica oleracea* (repolho) plantas que tendem a acumular o metal com facilidade. A cultura do tabaco é particularmente acumuladora de cádmio (Crews *et al.*, 1985; Kubois *et al.*, 1987; Chizzola, 1997).

1.2.1 Interacção solo - planta

O local onde se processam todas as trocas iónicas entre o solo e a planta (Alloway, 1995) é designado por rizosfera e é definido como sendo a camada circular (2-5 mm) que rodeia a raiz da planta (Mehra *et al.*, 1994), tal como se encontra esquematizado na figura 1.2. É neste local que se verifica quer a absorção dos nutrientes e metais tóxicos para a planta (catiões e aniões), quer a excreção por parte desta, de substâncias inorgânicas e orgânicas (Davies, 1994; Caçador *et al.*, 1996).

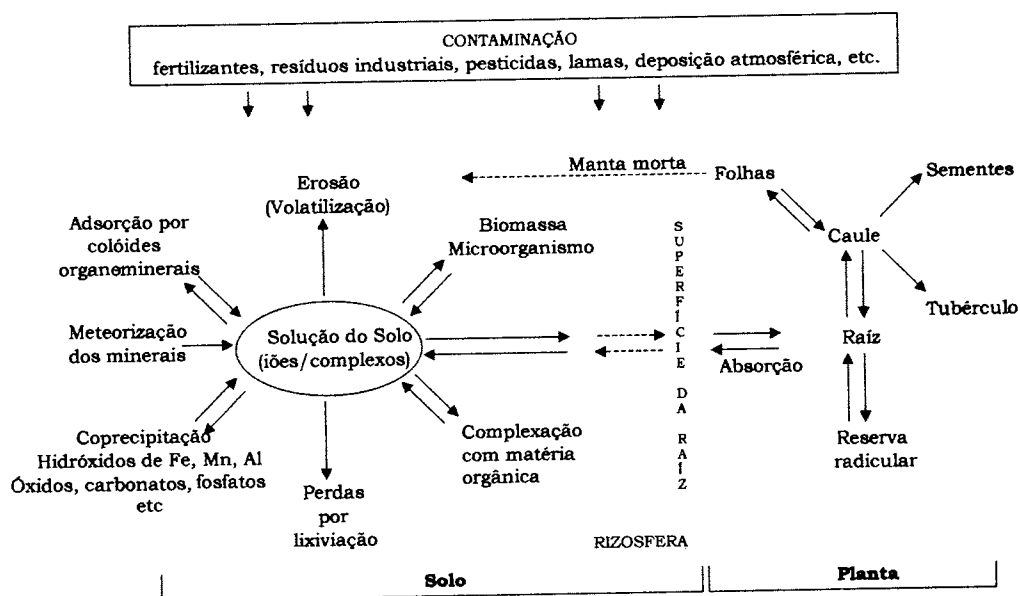


Figura 1.2 - Dinâmica representativa dos elementos no sistema solo-planta (rizosfera) (adaptado de Alloway, 1995).

As raízes das plantas modificam o ambiente em redor de diversas formas, sendo as mais importantes a alteração dos factores já referidos no ponto 1.1, pH, potencial redox, matéria orgânica, biodisponibilidade dos metais e a actividade microbiológica na rizosfera (Davies, 1994; Caçador *et al*, 1996).

As plantas captam nutrientes e metais pesados criando um fluxo de espécies químicas dissolvidas no sentido do solo para a raiz e libertam exsudados (Caçador & Vale, 2001). Os exsudados são compostos orgânicos constituídos essencialmente por ácidos carboxílicos e aminoácidos, capazes de complexar metais (Davies, 1994).

1.2.2 Absorção e transporte de metais

A absorção de metais pelo caule e pelas folhas não é muito significativa (Silva, 2000) e o processo mais comum de absorção de metais dá-se na raiz, com a eventual translocação destes para a parte aérea da planta (Alberts *et al.*, 1990; Rozema *et al.*, 1990).

A forma como os metais depois de absorvidos são translocados na planta, continua ainda um pouco por explicar; sabe-se no entanto, que o metal é translocado no interior da planta através do xilema (responsável pelo transporte ascendente de água e substâncias minerais) e do floema (responsável pela distribuição das substâncias minerais e orgânicas sintetizadas ou transformadas no interior da planta) (Castro, 1997). Pensa-se que até certo ponto os metais são transportados sob a forma iónica ou sob a forma de complexos com ácidos orgânicos ou aminoácidos. Uma das explicações para o facto da maior parte dos metais nas plantas se concentrar nas raízes, resulta dos metais se poderem ligar às paredes

dos tecidos celulares da raiz, sendo este fenómeno assumido como um mecanismo de defesa da própria planta (Alvarenga *et al.*, 1998).

A absorção de metais pode ser condicionada não só por factores intrínsecos às plantas, mas também por factores externos, tais como, a temperatura, a luz e ainda à forma química do metal no solo (Caçador *et al.*, 2000). A distribuição de metais pesados na planta depende da espécie química do metal que a planta absorveu e a sua absorção resulta de um processo de competição entre vários metais (Silva, 2000).

1.2.3 Acumulação e Toxicidade

As plantas podem acumular metais pesados sem que esse fenómeno lhes cause necessariamente danos profundos. Para se verificar sintomas de toxicidade, é necessário que a planta seja afectada intrinsecamente pela presença do metal pesado, ultrapassando a concentração crítica tolerável desse metal. Acima dessa concentração, a planta pode apresentar sinais visuais de toxicidade.

A presença de cádmio provoca a redução da absorção de nitratos e conseqüentemente o seu transporte da raiz para a parte aérea e afecta todo o ciclo da fotossíntese ao inibir a redução de Fe(III) a Fe(II) (Toppi & Gabbrielli, 1999). O excesso de cádmio causa igualmente cloroses (coloração pálida das folhas, por perda de produção de clorofila), inibição do crescimento quer da raiz quer da parte aérea, desequilíbrio no ciclo da água no interior da planta, deficiências de fósforo e azoto, redução no transporte de manganésio, aceleração da senescência e inibição da fosforilação oxidativa mitocondrial (via metabólica que utiliza energia libertada pela oxidação de nutrientes de forma a produzir ATP) (Toppi & Gabbrielli, 1999; Mishra *et al.*, 2006).

A acumulação de cádmio nas plantas pode provocar o que se designa por “stress oxidativo”, processo onde ocorre um forte desequilíbrio entre a produção de espécies reactivas de oxigénio (ERO) e a sua desintoxicação através de sistemas biológicos que as removam ou reparem os danos por elas causados.

As espécies reactivas de oxigénio são uma consequência da capacidade que o oxigénio (O_2) tem para originar estados excitados reactivos, tais como radicais livres e derivados. Estas ERO incluem o radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$), peróxido de hidrogénio (H_2O_2), radical hidroxilo (OH^{\cdot}) e oxigénio singlete (1O_2) (Sun *et al.*, 2007).

A toxicidade do H_2O_2 por si só é fraca comparada com outras ERO, no entanto na presença de metais de transição, como é o caso do cádmio, pode originar o radical OH^{\cdot} , uma das mais reactivas espécies oxidantes (Mittler, 2002). Contrariamente ao que acontece com o oxigénio atmosférico, as ERO são capazes de oxidar de forma ilimitada os vários componentes celulares, e provocam alterações ao nível da preservação e integridade das

células, podendo conduzir à destruição das mesmas (Mittler, 2002; Sun *et al.*, 2007). A fitotoxicidade proveniente da presença de ERO verifica-se ao nível dos componentes celulares, como peroxidação dos lípidos das membranas, oxidação de proteínas, inibição enzimática e danos no ADN e ARN, etc. (Maksymiec *et al.*, 2006; Mendez-Armenta *et al.*, 2007).

1.3 Mecanismos de defesa celular

Na presença de metais pesados, as plantas desenvolvem alguns mecanismos para reduzir a sua concentração nas células, os quais incluem (Lozano-Rodríguez *et al.*, 1997; Toppi & Gabbrielli, 1999):

- compartimentação deste metal em estruturas sub-celulares (vacúolos);
- exclusão e/ou diminuição do transporte do metal através da membrana e celular;
- formação de péptidos ricos em cisteínas, como as fitoquelatinas, que podem complexar vários metais;
- imobilização do metal por compostos orgânicos quer da parede celular quer de compostos extracelulares.

No que diz respeito ao “stress oxidativo”, originam-se comportamentos citopatológicos de desequilíbrio entre a produção de radicais livres e a capacidade da célula de se defender desses radicais (Mendez-Armenta *et al.*, 2007).

Pelas razões mencionadas no ponto 1.2.3, os níveis de ERO no interior das células devem ser mantidos num intervalo estreito, para que as células possam desenvolver mecanismos capazes de equilibrar, neutralizar e diminuir quantidades excessivas dessas espécies (Mittler, 2002). As plantas apresentam fundamentalmente dois tipos de resposta fisiológica (Mittler, 2002; Shanker *et al.*, 2004):

- modelação de baixos níveis de ERO, com o objectivo de sinalizar as espécies oxidantes,
- desintoxicação do excesso de ERO, activando o sistema de defesa antioxidante

Na figura 1.3, encontra-se esquematizado o ciclo geral das ERO, de onde se destaca a formação e consumo constantes deste tipo de espécies, quer pela presença no ciclo natural das células, quer pelos mecanismos de “limpeza” que as células têm na sua constituição para se protegerem contra agentes tóxicos [1].

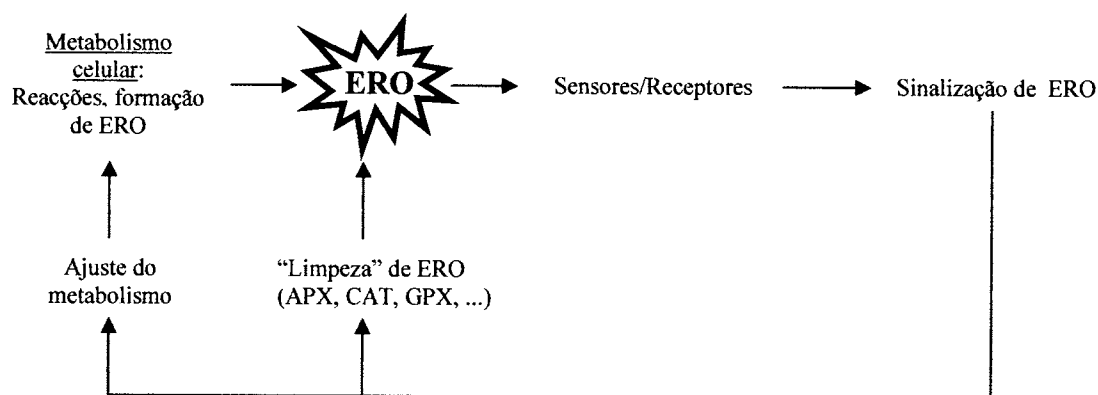


Figura 1.3 – Ciclo básico das ERO (adaptado de [1])

Um dos mecanismos protectores da planta é o sistema enzimático antioxidante, o qual envolve acções simultâneas e/ou sequências de um número de enzimas (Maksymiec et al., 2006), que incluem entre outras:

- Superóxido dismutase (**SOD**), EC 1.15.1.1¹
- Catalase (**CAT**), EC 1.11.1.6
- Guaiacol peroxidase (**GPX**), EC 1.11.1.7
- Ascorbato peoxidase (**APX**), EC 1.11.1.11

O estudo da actividade enzimática serve como critério de avaliação da fitotoxicidade por metais pesados em plantas (Scandalios, 1993), e o sucesso da defesa celular perante agentes tóxicos, depende da conjugação e da sintonia dos vários factores de protecção, e não através de uma enzima específica (Mittler, 2002).

A resposta à presença de Cd das enzimas antioxidantes, pode variar consoante a espécie de planta, o tipo de tecido vegetal, e depende também do balanço entre formação e destruição dos radicais livres formados (Mittler, 2002).

1.3.1 Superóxido Dismutase (SOD), EC 1.15.1.1

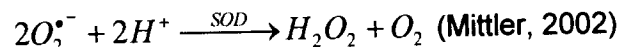
Presente em organismos aeróbios e anaeróbios facultativos, esta enzima caracteriza um grupo de metaloenzimas que catalizam a formação de H_2O_2 a partir de radicais $O_2^{\bullet-}$, consumindo-os e libertando as células do risco de oxidação por esses radicais (Alscher et al., 1998; Olmos et al., 2003).

A SOD é a única enzima cuja actividade interfere nas concentrações de H_2O_2 e $O_2^{\bullet-}$, os dois substratos da reacção de Haber-Weiss [2], a qual origina os radicais OH^{\bullet} ,

¹ Classificação de enzimas segundo a Comissão de Enzimas (EC): 1º dígito – classe; 2º dígito – subclasse; 3º dígito – sub-subclasse; 4º dígito – indica o substrato

e provavelmente por isso fazem parte do mecanismo de defesa central dos organismos vivos (Alscher *et al.*, 1998; Alscher *et al.*, 2002).

A reacção global de formação do peróxido de hidrogénio a partir de radicais superóxido catalizada pela SOD é:

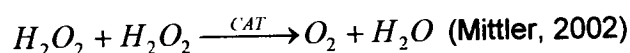


Esta enzima é designada por metaloenzima, uma vez que o seu centro activo tem componente metálica, nomeadamente constituída por cobre/zinco (iões divalentes Cu^{2+}/Zn^{2+}) (Scandalios, 1993). Está geralmente presente no citosol de células eucariotas, nos cloroplastos, mitocondrias, peroxissomas e apoplastos (Mittler, 2002).

1.3.2 Catalase (CAT), EC 1.11.1.6

É uma enzima tetramérica que contém grupos heme, e é encontrada em todos os organismos vivos. Devido à ampla distribuição e capacidade de degradar rapidamente o H_2O_2 , foi proposto por vários investigadores que a CAT desempenha um papel fundamental nos sistemas que capacitam os organismos a viverem em ambientes aeróbios (Mallick *et al.*, 2000).

A reacção de degradação do peróxido de hidrogénio catalisada pela CAT é:



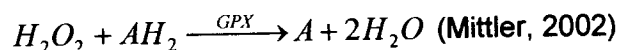
A CAT é a única entre as enzimas que degradam o H_2O_2 , que não consome equivalentes redutores celulares, e possui um mecanismo muito eficiente para remover este oxidante formado nas células sob condições de stress (Mallick *et al.*, 2000).

Está fundamentalmente presente nos peroxissomas, organelo responsável pelo armazenamento de enzimas relacionadas com o metabolismo do H_2O_2 (Mittler, 2002).

1.3.3 Guaiacol peroxidase (GPX), EC 1.11.1.7

As peroxidases pertencem à família das hemoproteínas que catalisam a oxidação do substrato originando a redução do H_2O_2 . Participam em vários processos metabólicos essenciais, nomeadamente regulação do crescimento celular, lenhificação dos tecidos celulares, oxidação fenólica, defesa contra agentes patogénicos e protecção contra stress oxidativo (Mittler, 2002).

A designação específica de cada peroxidase muda consoante o dador de electrões. Para este caso, a reacção catalisada pela GPX é:



em que:

H_2O_2 = peróxido de hidrogénio (oxidante)

AH₂ = guaiacol, substrato dador de electrões (reductor)

A = tetraguaiacol, substrato oxidado

Esta enzima situa-se essencialmente na membrana celular, no citosol e nos vacúolos (Mittler, 2002).

1.3.4 Ascorbato peroxidase (APX), EC 1.11.1.11

O substrato nesta peroxidase é o ácido ascórbico.

Para este caso, a reacção catalisada pela APX é:



em que:

H₂O₂ = peróxido de hidrogénio (oxidante)

AsC (ascorbato) = substrato dador de electrões (reductor)

MDA = monodihidroascorbato, substrato oxidado

O ácido ascórbico é conhecido por assumir um papel importante na redução de radicais livres de oxigénio. Estas espécies estão normalmente envolvidas na oxidação do ácido ascórbico a monodihidroascorbato (MDA), levando à diminuição do primeiro na célula. Na presença de H₂O₂, este sofre uma redução originando moléculas de água, além de MDA. O ácido ascórbico, sendo um agente antioxidante sofre uma diminuição na sua concentração, deixando a planta sensível na presença de agentes tóxicos, em particular metais pesados como o cádmio (Mittler, 2002).

Esta enzima localiza-se nos cloroplastos, no citosol, nas mitocôndrias, peroxissomas e apoplastos. No entanto a sua actividade predomina essencialmente nos cloroplastos e na manutenção do estado redox da célula (Mittler, 2002).

1.3.5 Geração de espécies reactivas de oxigénio e actividade enzimática antioxidantes das células

Na figura 1.4 encontra-se esquematizado a sequência de passos desde a geração de espécies ERO até aos diferentes compostos antioxidantes que actuam sobre elas para manter o equilíbrio celular (Sharma & Dubey, 2005).

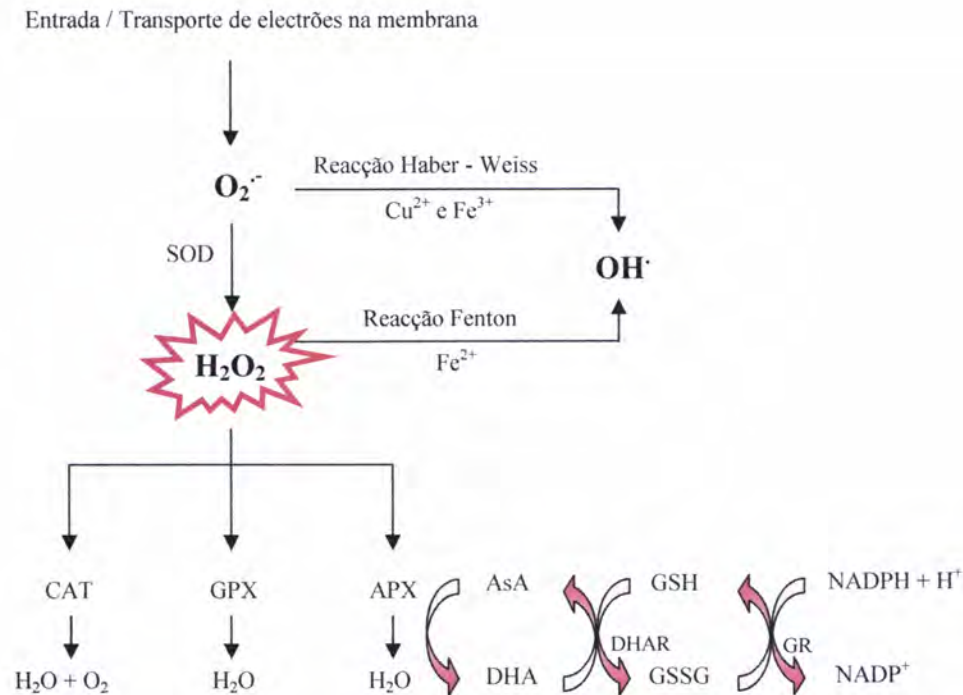


Figura 1.4 – Efeito do cádmio na geração de ERO e nas actividades enzimáticas antioxidantes (adaptado de Sharma & Dubey, 2005). AsA (ácido ascórbico), DHA (ácido dihidroascórbico), GSH (glutationa reduzida), GSSG (glutationa oxidada), DHAR (dihidroascobato redutase), GR (glutationa redutase), NADPH⁺ (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato oxidada) e NADPH (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato reduzida).

Entre os compostos referidos na figura, destacam-se dois grupos principais:

- Antioxidantes enzimáticos

A acção combinada da SOD e CAT é crucial na mitigação dos efeitos do stress oxidativo. As duas enzimas em conjunto actuam no sentido de aliviar a planta de espécies reactivas tóxicas, aumentando deste modo as suas actividades enzimáticas (Shanker *et al.*, 2004).

Paralelamente, as diferentes afinidades da CAT e APX para o H_2O_2 , sugerem que pertencem a duas classes com finalidades diferentes. A APX tem a função de sinalizar a presença de H_2O_2 , enquanto que a CAT tem a função de o remover, catalisando a reacção de dismutação, transformando-o em água e oxigénio (Mittler, 2002). Outra diferença entre estas duas enzimas, é a própria estequiometria das respectivas reacções envolvidas. A reacção da CAT envolve dois substratos iguais o que pode implicar maior dificuldade na remoção das espécies ERO, em relação ao caso da APX (Shanker *et al.*, 2004).

A ruptura das peroxidases depende fundamentalmente dos substratos usados. No presente trabalho estudou-se a guaiacol peroxidase. Há formação de água, tal como na CAT, como resultado da oxidação do guaiacol a tetraguaiacol. A acção conjunta entre a GPX e a CAT

previne a acumulação de H_2O_2 na célula, garantindo o equilíbrio do mesmo em condições de stress oxidativo (Sun *et al.*, 2007).

- Antioxidantes não-enzimáticos

Neste grupo destaca-se o ácido ascórbico (AsA), ácido dihidroascórbico (DHA), glutathiona reduzida (GSH), glutathiona oxidada (GSSG), nicotinamida adenina dinucleótido fosfato reduzida (NADPH) e nicotinamida adenina dinucleótido fosfato oxidada (NADP⁺) (Sharma & Dubey, 2005).

Dentro dos diversos processos de defesa celulares, o ciclo ascorbato-glutathiona apresenta também uma acção fundamental na remoção de espécies ERO e na manutenção do estado redox das células (Liu *et al.* 2007). Neste ciclo o H_2O_2 é reduzido a água pela APX na presença de ácido ascórbico reduzido (AsA), e o produto formado dihidroascorbato (DHA), catalisado pela dihidroascorbato redutase (DHAR), pode ser convertido novamente a AsA por acção da glutathiona reduzida (GSH) como dador de electrões, originando a produção de glutathiona oxidada (GSSG). A GSH é posteriormente renovada pela oxidação de NADPH, catalizada pela glutathiona redutase (GR) (Liu *et al.* 2007).

Tanto o ácido ascórbico reduzido (AsA) como a glutathiona reduzida (GSH), são dois compostos antioxidantes de baixo peso molecular, e assumem uma enorme importância na preservação de diversos processos metabólicos (Liu *et al.* 2007).

Além disso, as espécies AsA e GSH estão associadas a equilíbrios redox celulares, assim como as razões DHA/AsA e GSSG/GSH podem funcionar como biomarcadores de mecanismos antioxidantes (Mittler, 2002).

A glutathiona redutase (GR) participa não só na remoção do H_2O_2 , como também favorece a razão GSH/GSSG e deste modo o estado redox da célula (Liu *et al.* 2007).

O ciclo ascorbato-glutathiona está presente em vários e distintos compartimentos celulares, tais como cloroplastos, citosol, mitocôndrias e peroxissomas, e predomina nos mecanismos de desintoxicação das espécies ERO nestes compartimentos (Liu *et al.* 2007).

1.4 Peroxidação Lipídica

Na peroxidação lipídica estão envolvidas uma série de reacções químicas, as quais preconizam a deterioração oxidativa dos ácidos gordos polinsaturados que podem romper as estruturas celulares e destruí-las. Sendo assim, este parâmetro biológico não é contabilizado como resposta antioxidante, mas sim como consequência da acumulação e toxicidade de metais no interior das células vegetais. Como já foi referido, dos radicais de oxigénio resulta não só o ataque aos componentes básicos da célula, como também envolve

a destruição de resíduos de ácidos gordos polinsaturados de fosfolípidos que constituem as membranas biológicas (Valko *et al.*, 2006).

As membranas das células são fundamentalmente constituídas por cadeias de fosfolípidos, além de outros componentes, tal como indica a figura 1.5:

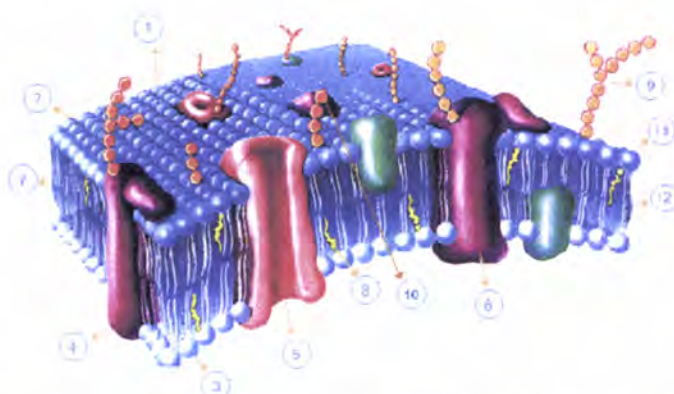


Figura 1.5 - Representação de uma membrana celular. 1 - Bicamada de fosfolípidos; 2 - Exterior da membrana; 3 - Interior da membrana; 4 - Proteína intrínseca da membrana; 5 - Proteína do canal iônico da membrana; 6 - Glicoproteína; 7 - Moléculas de fosfolípidos organizados em bicamada; 8 - Moléculas de colesterol; 9 - Cadeias de hidrocarbonetos; 10 - Glicolípidos; 11 - Região hidrofílica de um fosfolípido; 12 - Região hidrofóbica de um fosfolípido

Para entender como os mecanismos de tolerância das plantas ocorrem, é importante pesquisar também o papel das membranas e respectivo metabolismo lipídico, por duas principais razões (Nouairi *et al.*, 2006):

- As alterações no interior da planta podem alterar a permeabilidade da membrana celular, e conseqüentemente, a absorção de iões metálicos;
- Em situações de stress metálico, a degradação das membranas vai para além da insaturação, chegando a haver rompimento celular. O produto maioritário desta degradação e rompimento das membranas é o malondialdeído.

Assim, na presença de radicais livres, uma rápida modificação da estrutura das membranas pode representar uma estratégia de adaptação ao stress metálico (Nouairi *et al.*, 2006).

1.5 Técnicas de Fitorremediação

O solo é um dos principais receptores de metais pesados, apesar da existência de algumas leis que visam a sua protecção.

Sempre que as plantas sejam responsáveis pela remediação biológica, removendo, acumulando ou imobilizando os contaminantes ambientais, estamos perante um processo de fitorremediação (Baker *et al.*, 1995).

A fitoremediação é definida como o uso de vegetação *in situ* e *ex situ* para o tratamento e depuração de solos contaminados (Pivetz, 2001), e pode ser igualmente usada para remover contaminantes de sedimentos, lamas e águas contaminadas (EPA, 2000).

Como ilustrado na figura 1.6, as plantas podem remediar os solos contaminados com metais pesados através dos seguintes mecanismos (Anselmo & Jones, 2005):

- absorção e acumulação dos metais nos tecidos das plantas (fitoextração);
- adsorção dos metais no sistema radicular, assim como libertação para o solo de oxigénio e compostos orgânicos, que podem imobilizar os contaminando os imobilizando os contaminantes (fitoestabilização);
- estimulação da biorremediação por fungos ou outros microrganismos localizados no sistema solo-raiz (rizoremediação).

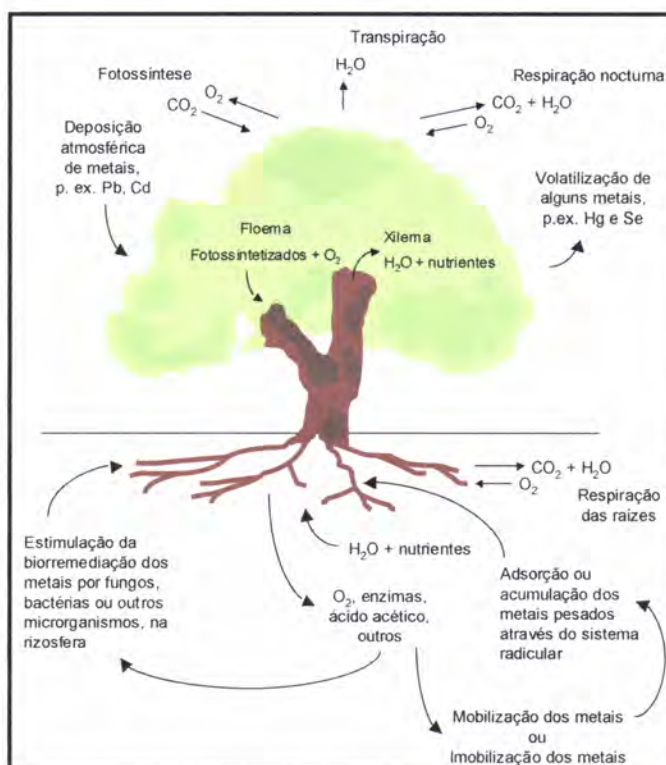


Figura 1.6 - Mecanismos de fitoremediação de solos contaminados com metais pesados (adaptado de Anselmo & Jones, 2005).

Por vezes é necessário adoptar mais de um método de tratamento, principalmente quando existem vários tipos de contaminantes no mesmo local (Salt *et al.*, 1995; EPA, 2000; Pivetz, 2001), dependendo do tipo de contaminante e as respectivas características físicas, químicas e biológicas do local atingido (EPA, 2000).

No campo da fitoremediação de solos contaminados, a fitoextração tem sido a técnica mais estudada, devido sobretudo à possibilidade de elevada eficiência que pode apresentar,

assim como devido à valorização económica consequente (por ex. agrícola, florestal, promoção turística e cultural).

1.5.1 Fitoextracção

A aplicação desta técnica contempla metais como Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb e Zn. Também se aplica ao caso de metalóides como As e Se, assim como a resíduos radioactivos como o Sr, Cs, Pu e U, e por fim a não metais como o B (EPA, 2000). As plantas são colhidas antes da queda das folhas ou antes da sua morte e decomposição, de modo a que os contaminantes não se dispersem ou retornem ao solo.

Para aplicar esta técnica, é necessário reunir algumas condições, tais como características do solo, disponibilidade de água e clima, para que se possa garantir um bom desempenho das plantas *in situ*.

1.5.2 Vantagens e Desvantagens:

Existem vários factores que limitam a aplicabilidade da fitoextracção, nomeadamente (Salt, *et al.*, 1998; Dias, 2000; Lasat, 2001):

- baixa tolerância aos metais na maioria das plantas;
- reduzido transporte do metal da raiz para a parte aérea;
- reduzido número de espécies hiperacumuladoras;
- crescimento lento, reduzida produção de biomassa por parte de plantas hiperacumuladoras, e consequente lenta obtenção de resultados;
- dependência do crescimento das plantas da estação do ano, clima e solo;
- elevada concentração das substâncias contaminantes;
- impossibilidade de se eliminar completamente o poluente;
- limitações regulamentares (destino final das plantas contaminadas e risco de contaminação da cadeia alimentar);

No entanto, tem vantagens significativas, em particular (Dias, 2000; Pinto, 2002):

- técnica aplicável *in situ*;
- investimento e custo de operação baixos;
- aplicável a uma grande variedade de poluentes e em grande escala;
- aceite socialmente.

A melhor solução para manter os solos e plantas descontaminadas, é, sem dúvida, a redução nas diversas fontes de cádmio no ambiente. No entanto, com a enorme proliferação e desenvolvimento industrial, é de facto difícil de controlar essa diminuição. Assim, toda a

pesquisa feita em solos e nas plantas, relacionada com os factores que afectam a disponibilidade do cádmio neste conjunto, é essencial (Kirkham, 2006).

Várias revisões bibliográficas indicam que há poucas plantas que conseguem absorver e acumular cádmio na sua estrutura, mesmo adicionando agentes quelantes ao meio, de modo a absorver o metal solubilizado. Consequentemente, a fitorremediação poderá ser limitativa em termos de aplicação na remoção do cádmio dos solos. No entanto, salienta-se a importância de investigação nesta área permitindo determinar por que razão uma determinada planta acumula maior quantidade de cádmio em relação às restantes, assim como identificar outras hiperacumuladoras de cádmio e escolher as que possuem maior biomassa para extrair maiores quantidades deste elemento, etc. Por outro lado, é importante estudar e distinguir processos de absorção e de adsorção do cádmio nas raízes, e quais os factores que favorecem a absorção em virtude da adsorção radicular (Kirkham, 2006).

2. Plantas Seleccionadas

As plantas designadas de hiperacumuladoras apresentam concentrações excepcionalmente elevadas de poluentes, nomeadamente de metais pesados. Para o caso do cádmio, são assim chamadas quando acumulam teores superiores a 100 mg Cd kg⁻¹ de matéria vegetal seca (Wei *et al.*, 2006).

As plantas usadas na fitoextração são geralmente seleccionadas com base (EPA, 2000; Singh *et al.*, 2003):

- na produção de biomassa vegetal e potencial de evapotranspiração;
- no crescimento e profundidade da zona da raiz;
- na capacidade para tolerar e bioacumular determinados contaminantes.

De modo a avaliar e comparar os efeitos de diferentes concentrações de cádmio no comportamento das plantas ao nível do crescimento e stress oxidativo, foram utilizadas neste trabalho sementes de:

- *Brassica juncea* L. Czern
- *Solanum nigrum* L.
- *Nicotiana tabacum* L. (Cross Creek Seed Inc., var. K326)

2.1 *Brassica juncea* L. Czern



Reino – *Plantae*
Sub-reino – *Tracheobionta*
Superdivisão – *Spermatophyta*
Divisão – *Magnoliophyta*
Classe – *Magnoliopsida*
Subclasse – *Dilleniidae*
Ordem – *Capparales*
Família – *Brassicaceae*
Género – *Brassica* L.
Espécie – *Brassica juncea* L.

Figura 1.7 – Taxonomia de *Brassica juncea* L. Czern

A grande maioria das plantas hiperacumuladoras de metais pertencem à família das *Brassicaceae* (Kumar *et al.*, 1995). No entanto, quase todas elas apresentam baixas taxas de crescimento, e normalmente baixos valores de biomassa. Como alternativa utilizam-se espécies com inferior capacidade de acumular metais pesados, mas com elevadas taxas de crescimento e desenvolvimento. Um destes exemplos é a *Brassica juncea* L., a qual se considera uma das plantas mais promissoras no campo da fitoremediação (Belimov *et al.*, 2005).

É uma planta capaz de acumular não só cádmio, como também Zn, Ni, Cu, Pb e Se. Tem sido objecto de investigação por diversos autores, podendo salientar-se publicações recentes, nomeadamente em Belimov *et al.*, 2005, Quartacci *et al.*, 2005, Sridhar, *et al.*, 2005, Engelen *et al.*, 2007, entre outros.

2.2 *Solanum nigrum* L.



Reino – *Plantae*
Sub-reino – *Tracheobionta*
Superdivisão – *Spermatophyta*
Divisão – *Magnoliophyta*
Classe – *Magnoliopsida*
Subclasse – *Asteridae*
Ordem – *Solanales*
Família – *Solanaceae*
Gênero – *Solanum* L.
Espécie – *Solanum nigrum* L.

Figura 1.8 – Taxonomia de *Solanum nigrum* L.

É uma planta herbácea da família das *solanaceae*, de origem sul americana aparentada com a beringela (*Solanum melongena*) e o tomate (*Solanum lycopersicum*), e é considerada infestante em quase todo o mundo (Duarte, 2001). Apesar de ter comportamento perene, a sua época de floração e frutificação incide no Verão, tendo uma baixa incidência nos meses de Janeiro e Fevereiro (Duarte, 2001).

Recentemente descoberta por uma equipa de investigadores provenientes da China (Wei *et al.*, 2005), esta planta tem a particularidade de atingir a fase de floração do seu ciclo vegetativo relativamente cedo. Tendo alcançado o período de maturação, é nesta fase que a acumulação de cádmio predomina (Wei *et al.*, 2006).

Também por ser recente a descoberta das suas potencialidades na fitoremediação, vários estudos de índole científica têm sido publicados, tais como Marques *et al.*, 2006, Wei *et al.*, 2006, Marques *et al.*, 2007, Sun *et al.*, 2007, entre outros.

2.3 *Nicotiana tabacum* L.



Reino – *Plantae*
Sub-reino – *Tracheobionta*
Superdivisão – *Spermatophyta*
Divisão – *Magnoliophyta*
Classe – *Magnoliopsida*
Subclasse – *Asteridae*
Ordem – *Solanales*
Família – *Solanaceae*
Gênero – *Nicotiana* L.
Espécie – *Nicotiana tabacum* L.

Figura 1.9 – Taxonomia de *Nicotiana tabacum* L.

É uma planta anual herbácea que pode atingir 1,5 a 2 m de altura. As folhas podem medir 80 cm de comprimento e 40 cm de largura. Assim, rapidamente se conclui que esta planta pode produzir elevada quantidade de biomassa, factor de extrema importância para aplicação de técnicas de fitoextração (Evangelou *et al.*, 2006).

Publicações mais recentes, divulgam trabalhos de engenharia genética, de modo a permitir que a acumulação metálica nesta planta duplique e/ou triplique, especialmente para elementos como cádmio e cobre (Gorinova *et al.*, 2007). São estudados processos de superprodução de quelantes metálicos, tais como fitoquelatinas, metalotioninas, citratos, etc., os quais uma vez inoculados nas células do tabaco podem aumentar a tolerância a metais pesados (Suh *et al.*, 1998, Macek *et al.*, 2002).

Por outro lado, uma vez sabendo a via preferencial de desintoxicação destes metais em plantas, podem-se eventualmente traçar estratégias de estudo e melhoramento genético, passando também pela manipulação de enzimas que possam condicionar tanto a sensibilidade como a tolerância a metais em diferentes culturas (Gorinova *et al.*, 2007).

II – MATERIAL E MÉTODOS



1. Material utilizado nos ensaios

1.1 Solo

O solo utilizado foi um solo cujas características físico-químicas estão indicadas na tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Parâmetros físico-químicos do solo utilizado nos ensaios

Parâmetros		Resultados*
Matéria Orgânica (%)		0,17
Análise Granulométrica (%)	Areia	95,4
	Limo	2
	Argila	2,6
Bases de Troca (Cent(+) kg ⁻¹)	Ca ²⁺	1,04
	Mg ²⁺	0,25
	K ⁺	0,04
	Na ⁺	0,01
CTC (Cent(+) kg ⁻¹)		1,34
pH (H ₂ O)		7,4
Carbonatos (%)		0,02

* Resultados fornecidos pelo Laboratório Rebelo da Silva

1.2 Plantas

Utilizaram-se no ensaio sementes de:

- *Brassica juncea* (L.) Czern.
- *Solanum nigrum* (L.)
- *Nicotiana tabacum* (L.) (Cross Creek Seed Inc., var. K326)

2. Instalação e condução dos ensaios

Os ensaios foram realizados numa estufa, com luminosidade natural, situada na Herdade da Mitra (Évora).

O solo seco e crivado por um crivo com diâmetro de abertura de malha de 5 mm, foi colocado em vasos de polietileno com capacidade para 2 kg.

Antes do enchimento definitivo dos vasos, procedeu-se à mistura do solo com os nutrientes minerais aplicados (ver tabela 2.2) e à respectiva contaminação deste com cádmio, de forma a obter-se uma mistura homogénea. As contaminações utilizadas foram: 0, 5, 10, 15 e 35 mg Cd kg⁻¹ de solo.

Tabela 2.2 – Concentração (mg kg^{-1}) de nutrientes minerais aplicados

Nutriente vegetal	mg kg^{-1} de solo
Fósforo (P)	50
Potássio (K)	120
Magnésio (Mg)	10
Azoto (N)	150

O solo foi sujeito a um período de incubação de 60 dias, antes do transplante das culturas para o mesmo.

Para além de vasos com plantas, foi realizado um ensaio paralelo sem plantas, de modo a estudar o comportamento do cádmio no solo.

2.1 Sementeira e Transplantação

As sementes das plantas seleccionadas foram primeiramente desenvolvidas num meio de germinação com vermiculite exfoliada humedecida com água Milli-Q. A sementeira foi controlada diariamente para garantir que os níveis de humidade se mantinham os mais adequados.

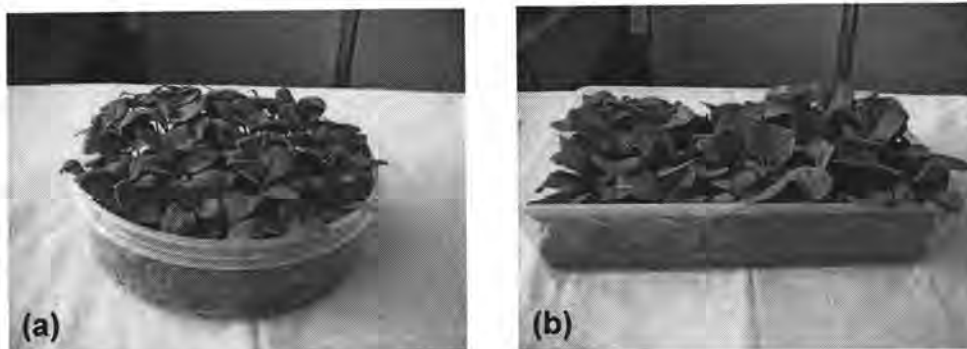


Figura 2.1 – Aspecto geral da sementeira da (a) *S. nigrum* L. e (b) *N. tabacum* L.

Posteriormente à sementeira, as plantas foram transplantadas para os vasos e desenvolvidas em solo contaminado com cádmio, durante o período indicado na tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Concentração de cádmio (mg Cd kg^{-1}) aplicada ao solo e respectiva duração do ensaio

Planta	Concentração de cádmio (mg Cd kg^{-1})	Duração do ensaio
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	0 ; 5 ; 15 ; 35	Agosto 2006 a Novembro 2006
<i>Brassica juncea</i> L. Czern.	0 ; 5 ; 15 ; 35	
<i>Solanum nigrum</i> L.	0 ; 5 ; 15 ; 35	

Para o transplante foram escolhidas as plantas com semelhante biomassa entre si, de modo a garantir um crescimento uniforme nos vasos. O número de plantas utilizado por vaso encontra-se na tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Número de plantas por vaso

Planta	nº de plantas por vaso
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	4
<i>Brassica juncea</i> L. Czern.	4
<i>Solanum nigrum</i> L.	4

2.2 Sistema de rega

A rega das plantas foi efectuada diariamente, colocando-se desde o início os vasos a 70% da capacidade de retenção de água.

2.3 Recolha de amostras

2.3.1 Plantas

Foram efectuadas recolhas de plantas ao fim de 90 dias após o transplante para os vasos.

2.3.2 Solo

Para o estudo da biodisponibilidade de cádmio no solo foram realizadas dois tipos de recolha de solo:

- i) recolha no fim dos 90 dias nos vasos com plantas, e
- ii) recolha mensal durante um período de 180 dias nos vasos sem plantas.

2.4 Tratamento das amostras

2.4.1 Plantas

No final dos ensaios, a raiz foi separada da parte aérea e submetida a lavagens com água Milli-Q. Estas amostras foram imediatamente pesadas em fresco, congeladas em azoto líquido e guardadas numa câmara a -80°C , para posterior análise de parâmetros enzimáticos e não enzimáticos. A restante matéria vegetal foi colocada numa estufa a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$, onde permaneceu durante 48 horas até peso constante. Depois de seca, a matéria vegetal foi pesada e guardada em sacos de plástico hermeticamente fechados e devidamente etiquetados até posterior análise do metal.

2.4.2 Solo

As amostras de solo recolhidas foram secas a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ até peso constante e crivadas por um crivo com abertura de malha de 2 mm (Impact test, ISO 3310-1:2000). Por fim, foram

guardadas em sacos de plástico hermeticamente fechados e devidamente etiquetados até posterior análise do metal.

3. Determinações efectuadas e métodos utilizados

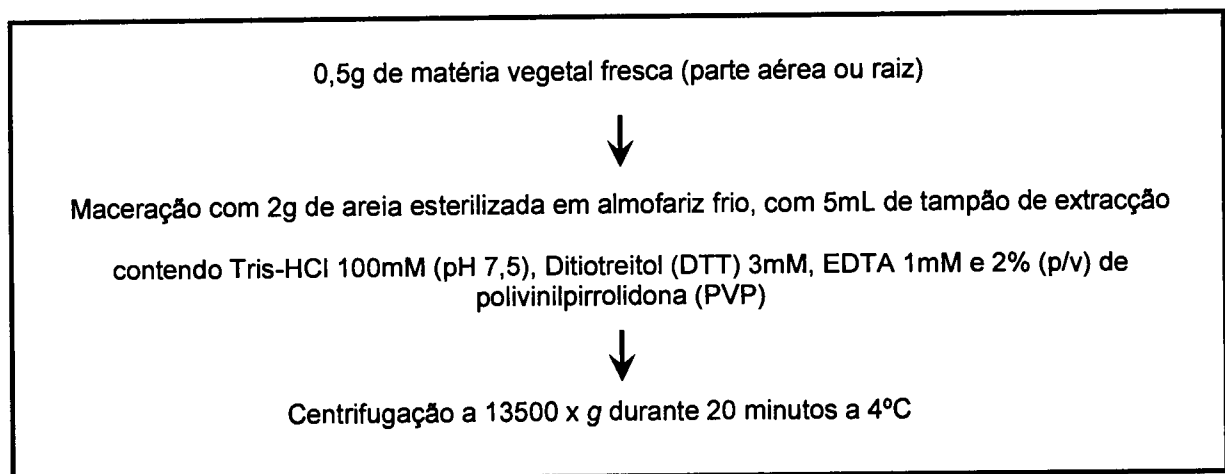
3.1 Plantas

3.1.1 Actividade enzimática antioxidante

Determinação da actividade enzimática antioxidante da Catalase (CAT), EC 1.11.1.6

A actividade enzimática da catalase foi determinada pelo método de Aebi em Bergmeyer 1983.

Imediatamente antes da determinação da actividade enzimática, procedeu-se à extracção do material celular conforme descrito no esquema seguinte:



O sobrenadante foi recolhido para um recipiente adequado e utilizado para a determinação da actividade enzimática da CAT.

Perfazendo um volume total de 2,7 mL na célula de quartzo, o conjunto de reagentes aplicados bem como a ordem de adição, são apresentados na seguinte tabela:

Tabela 2.5 – Reagentes utilizados na determinação da actividade enzimática da CAT

Reagentes aplicados	Volume aplicado
Tampão Fosfato, 50mM pH 7.0	1,5 mL
Extracto de amostra vegetal	200 µL
Peróxido de Hidrogénio, 30mM	1 mL

Imediatamente após a adição do H_2O_2 na mistura reaccional, a absorvência da amostra foi medida durante dois minutos a 240nm num espectrofotómetro de absorção molecular UV-Vis evolution 300 (Thermo Electron Corporation).

A actividade enzimática da CAT foi medida segundo a diminuição da absorvência do H_2O_2 ($\epsilon = 3,94 \times 10^{-3} \text{ mL } \mu\text{mol}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). Uma unidade da enzima CAT é expressa em U, e é definida como a quantidade de enzima necessária para catalisar a decomposição de 1 μmol de H_2O_2 por minuto.

Determinação da actividade enzimática antioxidante da Guaiacol Peroxidase (GPX), EC 1.11.1.7

A actividade da guaiacol peroxidase foi determinada por adaptação do método descrito em Tang *et al.* 2005 e Tang *et al.* 2006. O extracto vegetal foi obtido de acordo com o indicado para a catalase.

Perfazendo um volume total de 3,5 mL na célula de quartzo, o conjunto de reagentes aplicados bem como a ordem de adição, são apresentados na seguinte tabela:

Tabela 2.6 – Reagentes utilizados na determinação da actividade enzimática da GPX

Reagentes aplicados	Volume aplicado
Tampão acetato, 0.2M (pH 6.0)	300 μL
Extracto de amostra vegetal	200 μL
Guaiacol, 30mM	2 mL
Peróxido de Hidrogénio, 14mM	1 mL

Imediatamente após a adição do H_2O_2 na mistura reaccional, a absorvência da amostra foi medida durante dois minutos a 420nm ($\epsilon = 2,55 \text{ mL } \mu\text{mol}^{-1} \text{ mm}^{-1}$).

A actividade enzimática da GPX foi medida segundo o aumento da quantidade do tetra-guaiacol, produto da reacção. Uma unidade da enzima GPX é expressa em U, e é definida como a quantidade de enzima necessária para catalisar a oxidação de 1 μmol de Guaiacol por minuto.

Determinação da actividade enzimática antioxidante da Superóxido Dismutase (SOD), EC 1.15.1.1

A actividade da superóxido dismutase foi determinada pelo método descrito em Prasad *et al.*, 1999. De modo a estimar a actividade enzimática, a matéria vegetal foi preparada de acordo com o descrito para a catalase.

Perfazendo um volume total de 2 mL na célula de quartzo, o conjunto de reagentes aplicados bem como a ordem de adição, são apresentados na seguinte tabela:

Tabela 2.7 – Reagentes utilizados na determinação da actividade enzimática da SOD

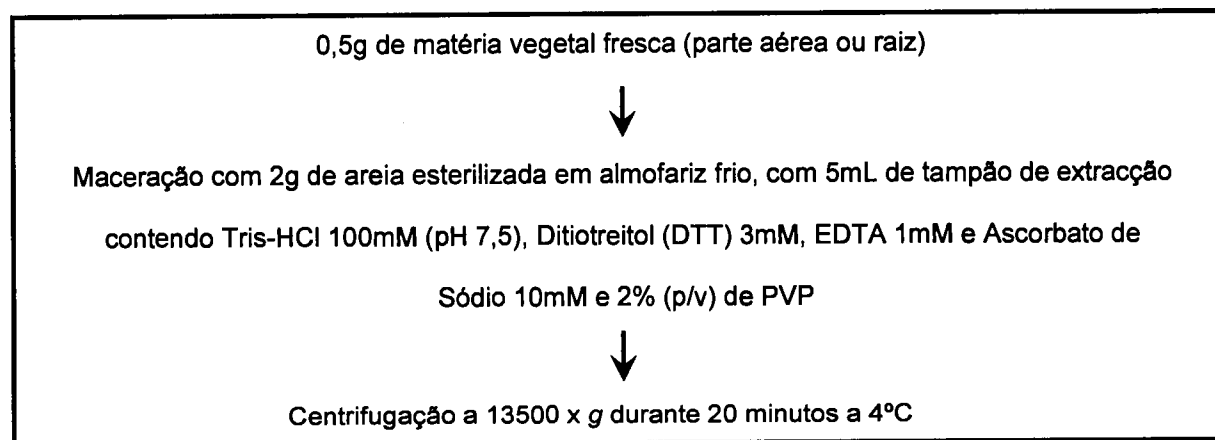
Reagentes aplicados	Volume aplicado
Tampão Fosfato – Hidróxido de Sódio, 100mM (pH 7.6)	875 µL
Extracto de amostra vegetal	100 µL
Solução de Xantina 0.5mM, EDTA 0.1mM e Citocromo-C Férrico 0.05mM	1 mL
Solução de Xantina-Oxidase	25 µL

A xantina oxidase (enzima auxiliar) provoca o início da reacção global e imediatamente após a adição deste reagente na mistura reaccional a absorvência da amostra foi medida durante dois minutos a 550nm.

Comparando a actividade enzimática da xantina oxidase na ausência e na presença do extracto vegetal, avaliou-se a actividade da SOD, a qual é definida como a quantidade de enzima necessária para inibir a redução de Citocromo – C – férrico em 50%.

Determinação da actividade enzimática antioxidante da Ascorbato Peroxidase (APX), EC 1.11.1.11

A actividade da ascorbato peroxidase foi obtida segundo o método descrito em Babar *et al.* 2005. Imediatamente antes da determinação da actividade enzimática, procedeu-se à extracção do material celular conforme descrito no esquema seguinte:



Perfazendo um volume total de 3 mL na célula de quartzo, o conjunto de reagentes aplicados bem como a ordem de adição, são apresentados na seguinte tabela:

Tabela 2.8 – Reagentes utilizados na determinação da actividade enzimática da APX

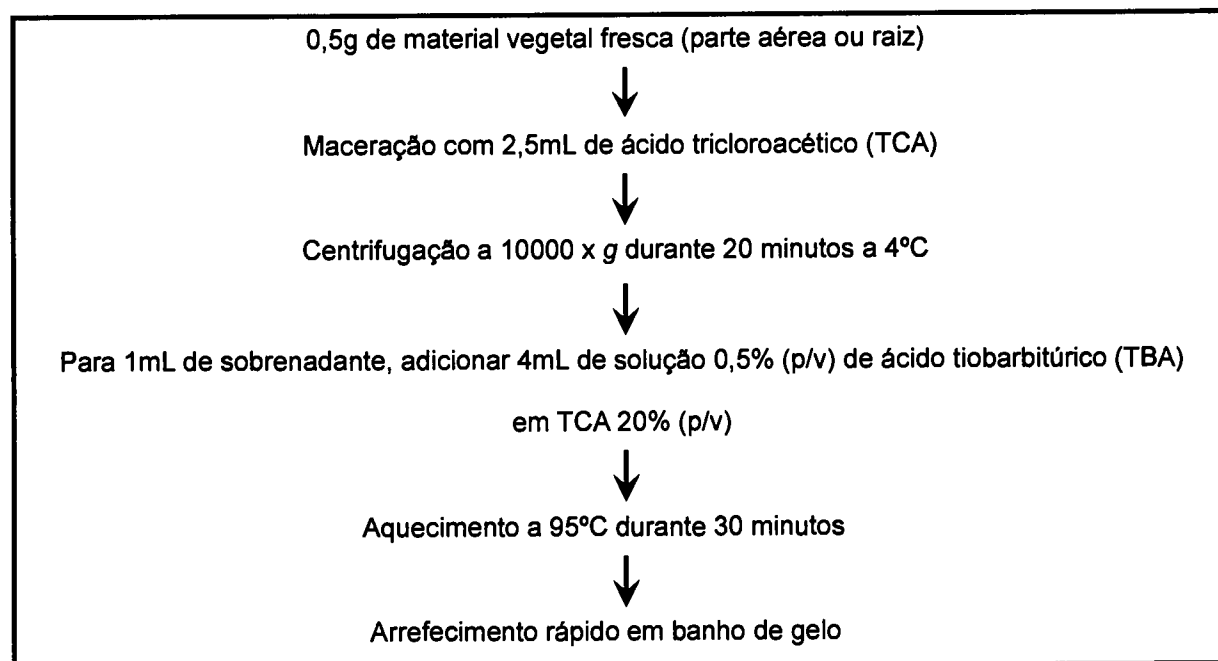
Reagentes aplicados	Volume aplicado
Tampão Fosfato, 50mM (pH 7.0)	1,8 mL
Extracto de amostra vegetal	150 μ L
Ascorbato de Sódio 0.25mM e EDTA 0.1mM	750 μ L
Peróxido de Hidrogénio, 30mM	300 μ L

Imediatamente após a adição do H_2O_2 na mistura reaccional, a absorvência da amostra foi medida durante dois minutos a 290nm ($\epsilon = 0,28 \text{ mL } \mu\text{mol}^{-1} \text{ mm}^{-1}$).

A velocidade de oxidação do ácido ascórbico foi estimada através da diminuição da absorvência após a adição do H_2O_2 na mistura reaccional. Uma unidade da enzima APX é expressa em U, e é definida como a quantidade de enzima necessária para catalisar a oxidação de $1 \mu\text{mol}$ de ascorbato por minuto.

3.1.2 Peroxidação lipídica

Fez-se a medição dos níveis de malondialdeído, segundo Demiral and Türkan, 2005, e conforme descrito no esquema seguinte:



A absorvência da amostra foi medida aos 532 nm, o que representa a absorção máxima do malondialdeído, e aos 600nm foi feita uma correcção à absorção de turbidez não-específica, afim de eliminar interferentes formados na reacção. A concentração do malondialdeído foi calculada usando $\epsilon = 155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

3.1.3 Determinação do Cd nos tecidos vegetais

As amostras vegetais secas e moídas foram peneiradas num crivo com diâmetro de abertura de malha de 100 μm (Haver & Boecker 76 x 22 mm, ISO 3310-1:2000) e sujeitas novamente a secagem até peso constante.

Para a determinação da concentração de cádmio nos tecidos vegetais, recorreu-se ao ataque ácido da amostra recorrendo a duas técnicas analíticas distintas:

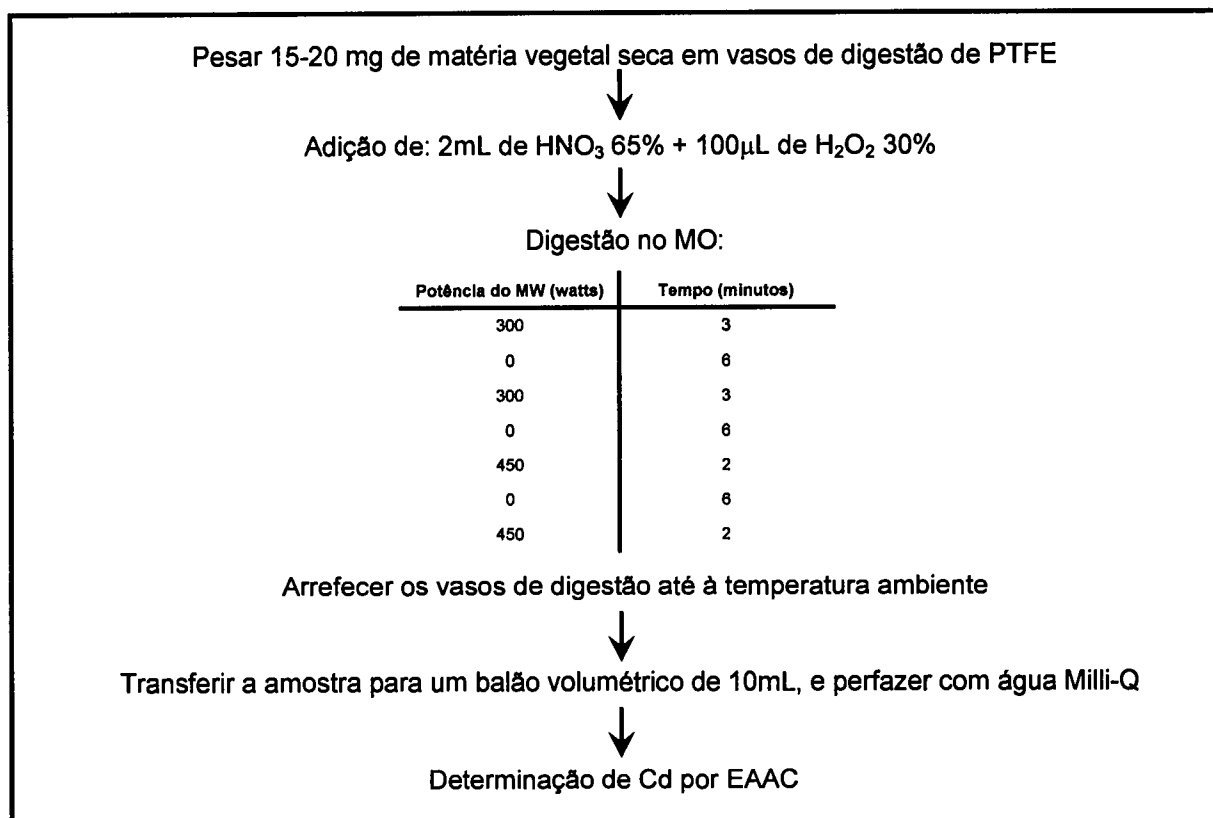
- i) digestão por micro-ondas (MO) e
- ii) extracção com sonda de ultra-sons (US).

A leitura dos teores de cádmio em solução foi feita por espectrometria de absorção atómica com chama (EAAC) num AA Spectrometer S series (Thermo Electro Corporation).

Cada uma das duas técnicas atrás referidas teve um procedimento analítico específico. No entanto, para a quantificação dos teores de Cd foi sempre aplicado o método da recta de calibração.

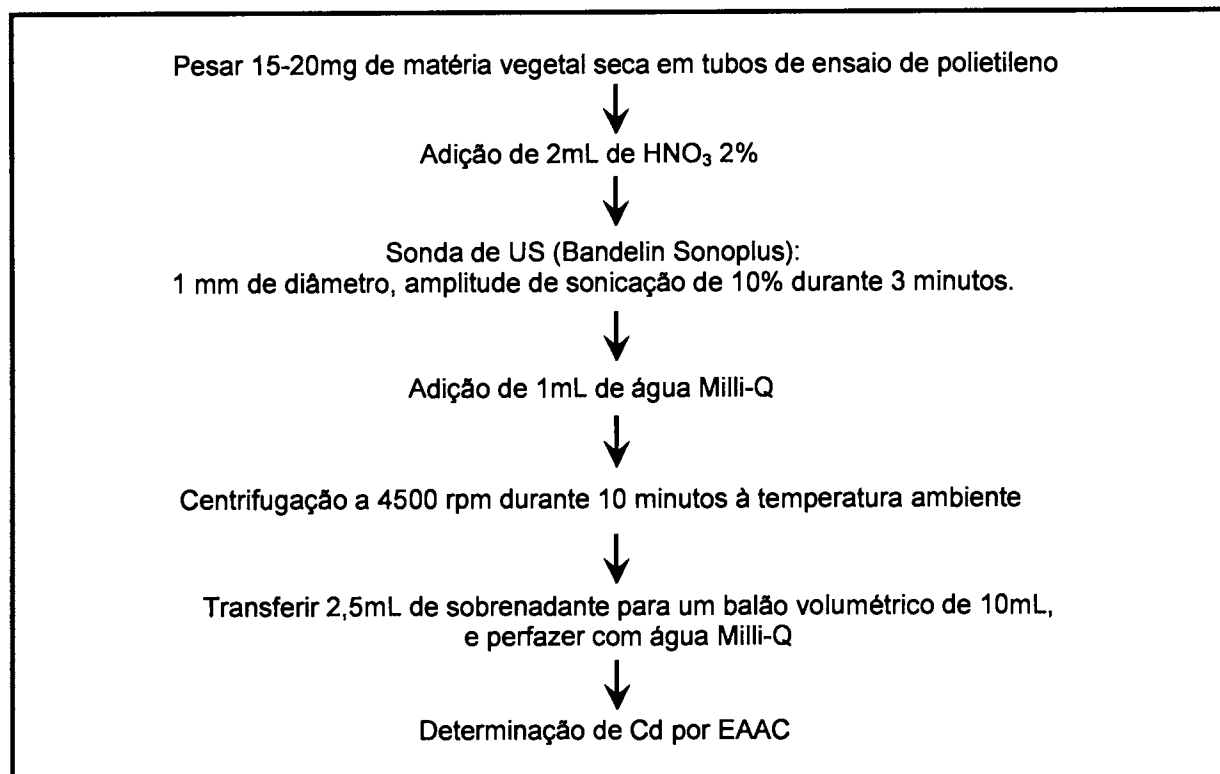
3.1.3.1 Extracção por Microondas (MO):

A extracção do metal nos tecidos vegetais foi feita de acordo com o esquema:



3.1.3.2 Extracção por Ultra-sons (US):

A extracção do metal nos tecidos vegetais foi feita de acordo com o esquema:



3.1.3.3 Validação da extracção com sonda de ultra-sons

De acordo com trabalhos experimentais anteriormente desenvolvidos no laboratório, a validação da técnica de ultra-sons foi efectuada sobre um material de referência certificado, nomeadamente folha de espinafre NIST – SRM 1570 (valor certificado: $2,89 \pm 0,07$ mg Cd kg⁻¹ de matéria seca), e em amostras de matéria vegetal seca de *B. juncea* e de *S. nigrum*. Após sonicação das amostras com sonda de ultra-sons em meio ácido, de acordo com a metodologia descrita anteriormente, a recuperação total obtida foi cerca de $95 \pm 5\%$.

No entanto as condições experimentais aplicadas não podem ser generalizadas para todas as plantas, uma vez que uma parte considerável da amostra fica por solubilizar após a aplicação dos ultra-sons. A validação da técnica de ultra-sons deve ser feita para cada planta estudada, e sempre através da comparação com o método de digestão por micro-ondas.

Atendendo a que se utilizaram plantas em condições diferentes neste trabalho em relação às testadas na validação prévia, foram aplicadas as duas técnicas de extracção para quantificação do metal a todas as plantas utilizadas.

Os resultados obtidos nas taxas de recuperação do cádmio nos tecidos vegetais para a concentração mais baixa aplicada ao solo, i.e. 5 mg Cd kg⁻¹, usando a sonda de ultra-sons

foram cerca de $95 \pm 5\%$. A extracção com digestão de microondas foi aplicada quando os resultados com sonda de ultra-sons originaram taxas de recuperação inferiores.

3.2 Solo

3.2.1 Determinação dos metais: Cd, Zn, Pb e Cu

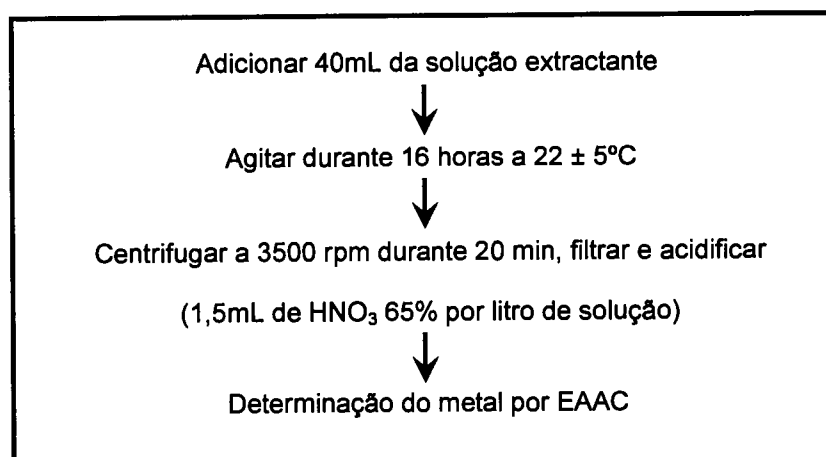
Para determinar a biodisponibilidade dos metais nas amostras de solo, procedeu-se à realização de extracções com diferentes extractantes, em diferentes tempos de amostragem, de acordo com a tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Solução de extracção, metal analisado e tempo de amostragem

	Extractantes utilizados	Metais analisados	Tempo de amostragem	Referências
Ensaio com plantas	EDTA 0.05M ¹ , NaNO ₃ 0.1M ² , CaCl ₂ 0.01M ¹ , CaCl ₂ 0.1M ¹ , e CaCl ₂ 0.5M ¹	Cd, Zn, Pb e Cu	90 dias após transplante	Novozamsky et al., 1993; Lo & Yang 1999; Schramel et al., 2000; Sahuquillo et al., 2003; Pueyo et al., 2004; Feng et al., 2005
Ensaio sem plantas	EDTA 0.05M ¹ , NaNO ₃ 0.1M ² , CaCl ₂ 0.01M ¹ , CaCl ₂ 0.1M ¹ , e CaCl ₂ 0.5M ¹	Cd, Zn, Pb e Cu	0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após transplante	Sahuquillo et al., 2003; Pueyo et al., 2004; Gupta & Sinha 2007; Feng et al., 2005

¹ – 10 mL por grama de amostra; ² – 2,5 mL por grama de amostra

As extracções foram executadas de acordo com o seguinte esquema:

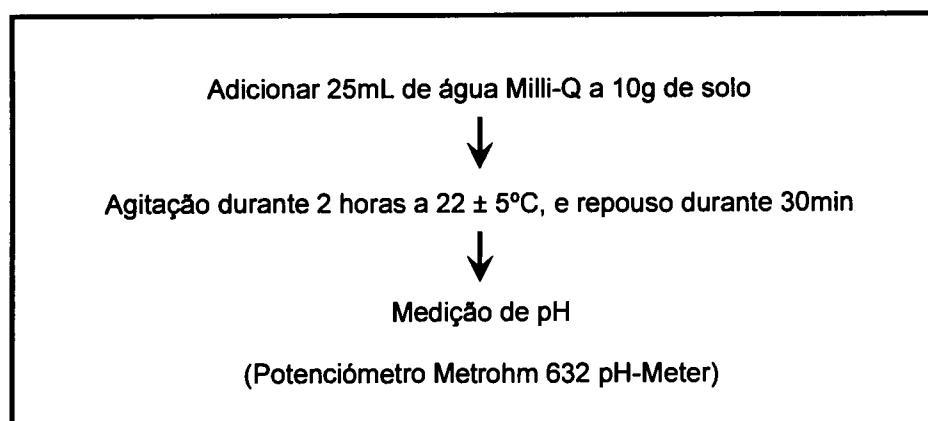


O método usado para a quantificação dos teores de metais, foi o da recta de calibração.

O teor de Zn, Pb e Cu presentes no solo foram considerados desprezáveis face à contaminação com cádmio. De entre os vários extractantes utilizados, apenas se consideraram os resultados com CaCl_2 0,1 mol L⁻¹ como extractante.

3.2.2 Determinação do pH em amostras de solo

Neste trabalho determinou-se o pH das amostras dos solos retiradas dos vasos sem planta, de acordo com Pueyo *et al.*, 2008. Assim foram feitas determinações de pH sobre as recolhas efectuadas para: 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias, de acordo com o esquema:



3.2.3 Caracterização mineralógica do solo por Difracção de Raios X

Para a caracterização mineralógica do solo, usou-se um difractómetro marca Bruker AX3-D8 Advance com radiação CuK_α ($\lambda = 0,154$ nm). Os ângulos 2θ escolhidos foram de 5° a 75° com incrementos de 0,05°.

As amostras de solo foram previamente peneirados num crivo com diâmetro de abertura de malha de 106 μm e devidamente homogeneizadas num almofariz de ágata. A caracterização mineral foi feita à temperatura ambiente.

O solo apresentou ser maioritariamente arenoso, tendo na suas constituição maioritária silicatos (quartzo), e silicatos de alumínio (feldspato e ortoclase). Como constituintes minoritários apresentou argila (caulinite) e mica (illite) (Anexo I).

4. Avaliação estatística dos resultados

Todos os resultados apresentados, foram expressos como média \pm erro padrão (SE). A análise estatística foi efectuada utilizando o programa SPSS® versão 14.0. As comparações entre o controlo e os restantes tratamentos foram efectuadas usando ANOVA unifactorial com o teste LSD (least-significant-differences). Nas comparações entre plantas foi aplicada ANOVA multifactorial, com o teste de Tukey ou Scheffé.

A significância dos valores de F calculados foi estabelecida para probabilidades inferiores a 0.05, considerando-se as diferenças entre as médias *significativas* para $p < 0.05$ e *muito significativas* para $p < 0.01$.

III – RESULTADOS E DISCUSSÃO



Após 60 dias de incubação do metal em todos os vasos, cerca de $80\pm 5\%$ do cádmio total adicionado ao solo pôde ser extraído com CaCl_2 0,1M.

No fim do ensaio com plantas, ou seja após 90 dias, o cádmio biodisponível extraído com CaCl_2 0,1M variou cerca de $80\pm 10\%$ do cádmio total adicionado. Foram obtidos resultados semelhantes nos solos sem plantas, após 6 meses de incubação.

O pH das amostras de solo nos vasos com e sem plantas foram determinadas imediatamente antes das extracções com CaCl_2 0,1M. Os resultados variaram entre $7,3\pm 0,3$. Este conjunto de resultados demonstrou que o pH do solo e a biodisponibilidade do cádmio permaneceram estáveis durante 6 meses, na ausência de plantas. A presença de plantas durante o período de 90 dias também não influenciou estes parâmetros.

1.1 Efeito do cádmio na produção de biomassa vegetal

O cádmio teve um efeito significativo na produção de biomassa vegetal quer na parte aérea quer na raiz (anexo IX). Todas as plantas sobreviveram ao solo contaminado com este metal durante os 90 dias após a sementeira, não mostrando sintomas visuais de toxicidade até à concentração de 15 mg Cd kg^{-1} de solo.

Os resultados de biomassa obtidos para a *B. juncea* indicam que esta espécie foi a que melhor se comportou na presença de 15 e 35 mg Cd kg^{-1} (Figura 3.1). Este comportamento positivo foi também já demonstrado por Seth *et al.* 2008, para a mesma planta. As concentrações de cádmio aplicadas num meio hidropónico durante 14 dias, variaram entre $1,12 \text{ mg Cd L}^{-1}$ e $17,92 \text{ mg Cd L}^{-1}$, registando um aumento significativo na produção de biomassa a partir de $2,24 \text{ mg Cd L}^{-1}$. A partir desta concentração de cádmio, observou-se um decréscimo na produção de biomassa, no entanto sempre superior ao controlo. Em Xiyuan *et al.* 2008, desenvolveram-se culturas de *Pteris vittata* L. em solo contaminado com $400 \text{ mg As kg}^{-1}$ e entre 10 a 80 mg Cd kg^{-1} durante 15 semanas. Registou-se uma inibição no crescimento da planta com o aumento da concentração de cádmio em relação ao controlo, no entanto, aos 60 mg Cd kg^{-1} observou-se um aumento na produção de biomassa em relação às restantes concentrações.

Em relação às plantas *N. tabacum* e *B. juncea*, ocorreu um aumento significativo ($p < 0.05$, tabelas A8 e A2, respectivamente, do anexo IX) na produção de biomassa na parte aérea até aos 15 mg Cd kg^{-1} em relação ao controlo. Também na raiz houve um aumento muito significativo até aos 15 mg Cd kg^{-1} ($p < 0.01$, tabelas A12 e A6, respectivamente, do anexo IX), diminuindo aos 35 mg Cd kg^{-1} , comportamento que foi verificado quer no peso fresco quer no peso seco. Estes efeitos positivos dependem da espécie das plantas e das condições experimentais tais como, concentração do metal e da duração do stress oxidativo (Wu *et al.*, 2003; Lin *et al.*, 2007). O efeito estimulante na presença de cádmio no crescimento

das plantas é normalmente relacionado com o que se designa por 'efeito hormético', o qual consiste numa resposta de compensação à quebra do equilíbrio dinâmico do organismo.

De acordo com Sobkowiak & Deckert, 2003, a estimulação da proliferação celular na presença de baixos teores de cádmio, pode também estar relacionada com a capacidade do ião Cd^{2+} substituir o ião Zn^{2+} , um dos componentes essenciais de enzimas envolvidas em fenómenos de replicação e tradução (Lin *et al*, 2007).

Foram ainda observadas diferenças muito significativas ($p < 0.01$, tabela A15 do anexo IX) nos comportamentos da parte aérea entre a concentração controlo e as restantes concentrações de cádmio no solo na cultura da *S. nigrum*, e diferenças também muito significativas ($p < 0.01$, tabela A18 do anexo IX) na raiz da mesma planta entre a concentração controlo e 35 mg Cd kg^{-1} de solo.

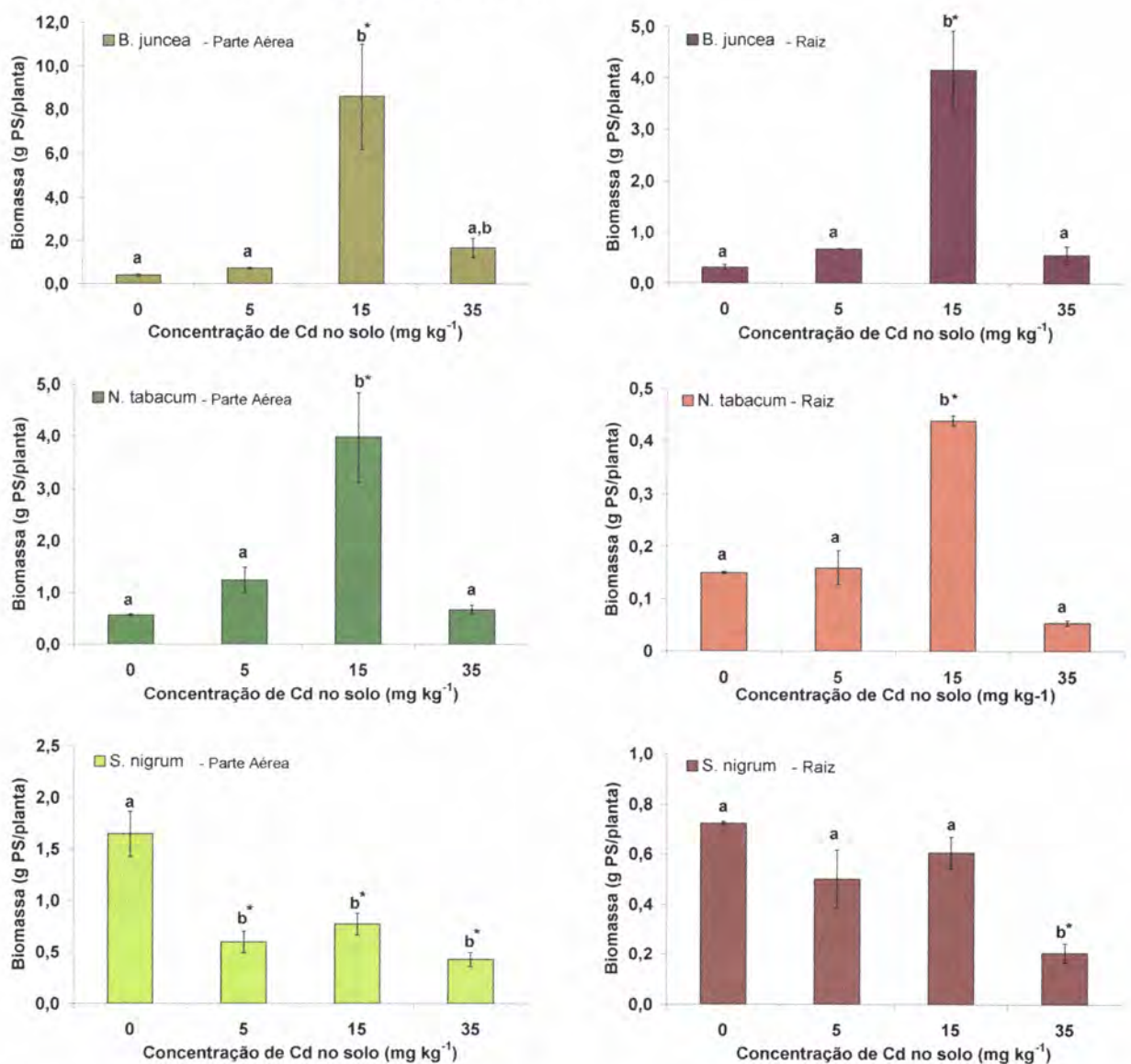


Figura 3.1 - Efeitos da concentração de Cd no solo na biomassa da parte aérea e raiz das plantas *B. juncea* (■), *N. tabacum* (■) e *S. nigrum* (■). Todos os valores representados são a média de 2 a 5 réplicas \pm SE (tabelas A1, A2 e A3 do anexo II). Os resultados apresentados com a mesma letra não são significativamente diferentes

para $p < 0.05$. Os resultados apresentados com * são significativamente diferentes do controlo de Cd para $p < 0.01$.

No que diz respeito à *S. nigrum*, as maiores diferenças foram observadas na raiz aos 35 mg Cd kg⁻¹ de solo, onde diminuiu cerca de 75% da biomassa em relação ao controlo. Este resultado indica que, provavelmente, concentrações acima dos 35 mg Cd kg⁻¹ de solo têm grande impacto no crescimento desta planta, tal como resultados semelhantes já publicados, nomeadamente Sun *et al.* 2007. Neste trabalho a acumulação de cádmio ascendeu os 200 mg Cd kg⁻¹ de peso seco na presença de 5 mg Cd kg⁻¹ de solo, enquanto que em Sun *et al.* 2007, essa diminuição de biomassa verificou-se logo a partir dos 125 mg Cd kg⁻¹ de peso seco, na presença de 25 mg Cd kg⁻¹ no solo. A diferença destes comportamentos na presença de diferentes concentrações de cádmio no solo pode estar relacionada com diferente biodisponibilidade do cádmio nos dois solos utilizados. Neste ensaio foi utilizado um solo predominantemente arenoso e ligeiramente ácido, pobre em matéria orgânica, onde a maior parte do cádmio aplicado permaneceu em solução, enquanto que o solo usado em Sun *et al.*, 2008 foi um Luvisolo Háplico, com pH 6,6 e onde a fracção biodisponível do metal deve ter sido inferior.

1.2 Acumulação de Cd nos tecidos vegetais

Os mecanismos de tolerância aos metais tóxicos incluem 2 estratégias: exclusão e acumulação (Lozano-Rodríguez *et al.*, 1997). Plantas com capacidade de acumular metais têm tendência para os translocar para a parte aérea, permanecendo menores concentrações na raiz. Por outro lado as plantas com elevado potencial fitoextractor devem produzir grandes quantidades de biomassa na parte aérea, devem ter um elevado factor de bioconcentração (FB, razão da concentração do metal na parte aérea e no solo), assim como devem ter um elevado factor de translocação (FT, razão da concentração do metal entre a parte aérea e a raiz).

Em todas as culturas desenvolvidas ao longo do ensaio, pôde, em geral, verificar-se que a acumulação de Cd nos tecidos vegetais aumentou significativamente ($p < 0.05$, tabelas A20, A23, A26, A29, A32 e A35 do anexo X) com a concentração de cádmio presente no solo. São vários os autores que registaram resultados idênticos, de onde se podem destacar trabalhos recentes, tais como Nouairi, *et al.*, 2006, Liu *et al.*, 2007, Razinger *et al.*, 2008.

Através da tabela 3.1 observa-se que a raiz da *B. juncea* acumulou elevadas concentrações de Cd em relação à parte aérea, ocorrendo no entanto um aumento do FT de 0,21 para 0,73. Este comportamento pode indicar uma resposta de protecção natural da planta para defesa da parte aérea à toxicidade provocada pelo cádmio, representa igualmente tolerância ao metal mesmo na presença de elevadas quantidades consideradas tóxicas, e representa

um maior potencial fitoextractor desta planta para elevadas concentrações de cádmio (Zhang *et al.*, 2002; Fayiga & Ma, 2006).

Nouairi *et al.* 2006 observaram um FT de 0,3 para a *B. juncea* exposta a 11 mg Cd L⁻¹ durante um ensaio de 15 dias em solução hidropónica, resultado semelhante ao FT registado neste trabalho para a *B. juncea* exposta a concentrações entre 5 e 15 mg Cd kg⁻¹ de solo.

Tabela 3.1 – Concentração de Cd na parte aérea e raiz, factor de translocação (FT) e factor de bioconcentração (FB) para as plantas *B. juncea*, *N. tabacum* e *S. nigrum*, ao fim de 90 dias após sementeira. Todos os valores apresentados são a média de 2 a 5 réplicas ± SE (tabela A4 do anexo III). Os resultados apresentados na mesma coluna e na mesma planta seguidos de letras diferentes são significativamente diferentes entre si com p<0.05.

Planta	Cd no solo (mg Cd kg ⁻¹)	Cd na parte aérea (mg Cd planta ⁻¹)	Cd na parte aérea (mg Cd kg ⁻¹ PS)	Cd na raiz (mg Cd kg ⁻¹ PS)	FT	FB
<i>B. juncea</i>	5	0,019 ± 0,005	24,9 ^a ± 6,7	102,6 ^a ± 22,9	0,21 ± 0,02	4,97 ± 0,78
	15	0,50 ± 0,10	62,6 ^b ± 1,5	127,2 ^a ± 3,51	0,49 ± 0,01	4,17 ± 0,06
	35	0,31 ± 0,09	183,4 ^c ± 15,0	254,8 ^b ± 13,1	0,73 ± 0,08	5,23 ± 0,29
<i>N. tabacum</i>	5	0,17 ± 0,03	134,8 ^a ± 2,3	21,7 ^a ± 7,0	7,64 ± 0,75	26,96 ± 0,33
	15	0,60 ± 0,10	161,0 ^a ± 7,7	70,9 ^a ± 24,6	2,44 ± 0,67	10,73 ± 0,36
	35	0,31 ± 0,06	461,1 ^b ± 67,9	440,0 ^b ± 77,3	1,06 ± 0,10	13,18 ± 1,12
<i>S. nigrum</i>	5	0,12 ± 0,02	202,8 ^a ± 7,9	79,8 ^a ± 1,89	2,55 ± 0,05	40,56 ± 0,91
	15	0,30 ± 0,07	382,6 ^b ± 65,6	540,5 ^b ± 24,1	0,64 ± 0,06	25,50 ± 2,52
	35	0,23 ± 0,05	539,1 ^c ± 59,1	921,4 ^c ± 152,9	0,64 ± 0,01	15,40 ± 1,19

PS = Peso seco

Por outro lado, se se comparar os resultados da *B. juncea* com a *N. tabacum* ao nível do factor de translocação houve uma inversão de comportamento. No caso da primeira registou-se um aumento, enquanto que no caso da segunda ocorreu uma diminuição. Este resultado está relacionado com a própria quantidade de cádmio absorvido. Observando atentamente os resultados da *N. tabacum* houve uma maior extracção do cádmio em relação à *B. juncea*, sugerindo uma diminuição no mecanismo de tolerância à presença do ião metálico.

Para a planta *N. tabacum*, a acumulação de Cd ocorreu fundamentalmente na parte aérea, (tabela 3.1). À medida que a concentração de cádmio no solo aumentou, o factor de translocação diminuiu de 7,64 para 1,06. Verificou-se ainda que a concentração de cádmio aos 15 mg Cd kg⁻¹ não difere da obtida para os 5 mg Cd kg⁻¹, quer na parte aérea quer na raiz desta planta. Atendendo a que para este nível de contaminação se observou elevada biomassa (Figura 3.1), pode concluir-se que ocorreu o efeito de diluição do metal na planta.

Para a contaminação de 35 mg Cd kg⁻¹ de solo, a concentração de cádmio nos tecidos na parte aérea e na raiz da *N. tabacum* são bastante semelhantes entre si. Para esta contaminação foram evidentes sintomas visuais de toxicidade. Este comportamento originou enfraquecimento foliar, cloroses, assim como redução de produção de biomassa.

Através dos resultados obtidos para a *S. nigrum*, verifica-se uma maior acumulação de cádmio nos tecidos da parte aérea com 5 mg Cd kg⁻¹ de solo, com um FT de 2,5, havendo posteriormente uma predominância do metal na raiz a partir desta concentração, originando FT inferiores a 1. Em Sun *et al.* 2007 e em Sun *et al.* 2008b os resultados são semelhantes, ou seja os FT diminuíram com o aumento da concentração de cádmio no solo.

A *S. nigrum* apresentou a maior concentração de cádmio na parte aérea na presença de 5 mg Cd kg⁻¹ de solo em relação às restantes culturas, tendo sido obtidos resultados da quantidade de cádmio extraídas superiores aos registados na *B. juncea* (razão da quantidade de Cd entre as duas plantas igual a 6,3) e inferiores aos registados na *N. tabacum* (razão de 0,7). Foi a planta que acumulou maiores teores de cádmio na parte aérea. A produção de biomassa da parte aérea para esta cultura foi a mais baixa em relação às restantes culturas, justificada pelo aumento da concentração de Cd nos tecidos.

As plantas designadas de hiperacumuladoras de metais têm a capacidade para solubilizar os iões metálicos da matriz do solo, absorvendo-os de modo eficaz pela raiz e translocando-os para a parte aérea (Eapen & D'Souza, 2005). As plantas hiperacumuladoras são todas as que acumulam concentrações de cádmio na parte aérea acima dos 100 mg Cd kg⁻¹ de solo, com um factor de bioacumulação maior do que 1,0, algumas vezes chegando a atingir valores entre 50 e 100, e com um factor de translocação maior do que 1,0 (Sun *et al.*, 2008b).

No presente trabalho, apenas a *N. tabacum* satisfaz todas as características para todos os níveis de contaminação do solo, apesar de para a concentração de 5 mg Cd kg⁻¹ de solo a *S. nigrum* apresentar melhores resultados para fitoextração.

Para a *B. juncea*, considerada uma planta bastante tolerante ao stress metálico, foi obtido resultados de FT sempre inferior a 1,0. Apresentou também valores reduzidos de FB em qualquer concentração de Cd presente no solo, comparando com as outras duas plantas.

Em conclusão, a *S. nigrum* seria a melhor opção para fitoremediação de solos com baixas concentrações de cádmio (≤ 5 mg Cd kg⁻¹), mas para elevadas concentrações de cádmio a *N. tabacum* assumiu um melhor comportamento.

1.3 Peroxidação Lipídica

A peroxidação lipídica é iniciada pela reacção de radicais livres com ácidos gordos insaturados, e propagada pelos radicais peróxido (RO[•] e ou ROO[•]). Neste trabalho, a

peroxidação lipídica foi avaliada pela medição da concentração de malondialdeído nos tecidos.

A presença de malondialdeído nos tecidos da parte aérea de *B. juncea* e *N. tabacum* expostas ao cádmio aumentou comparando com o controlo (Figura 3.2). O aumento do conteúdo de malondialdeído foi devido provavelmente aos danos oxidativos nas membranas celulares, induzidos pela presença de cádmio.

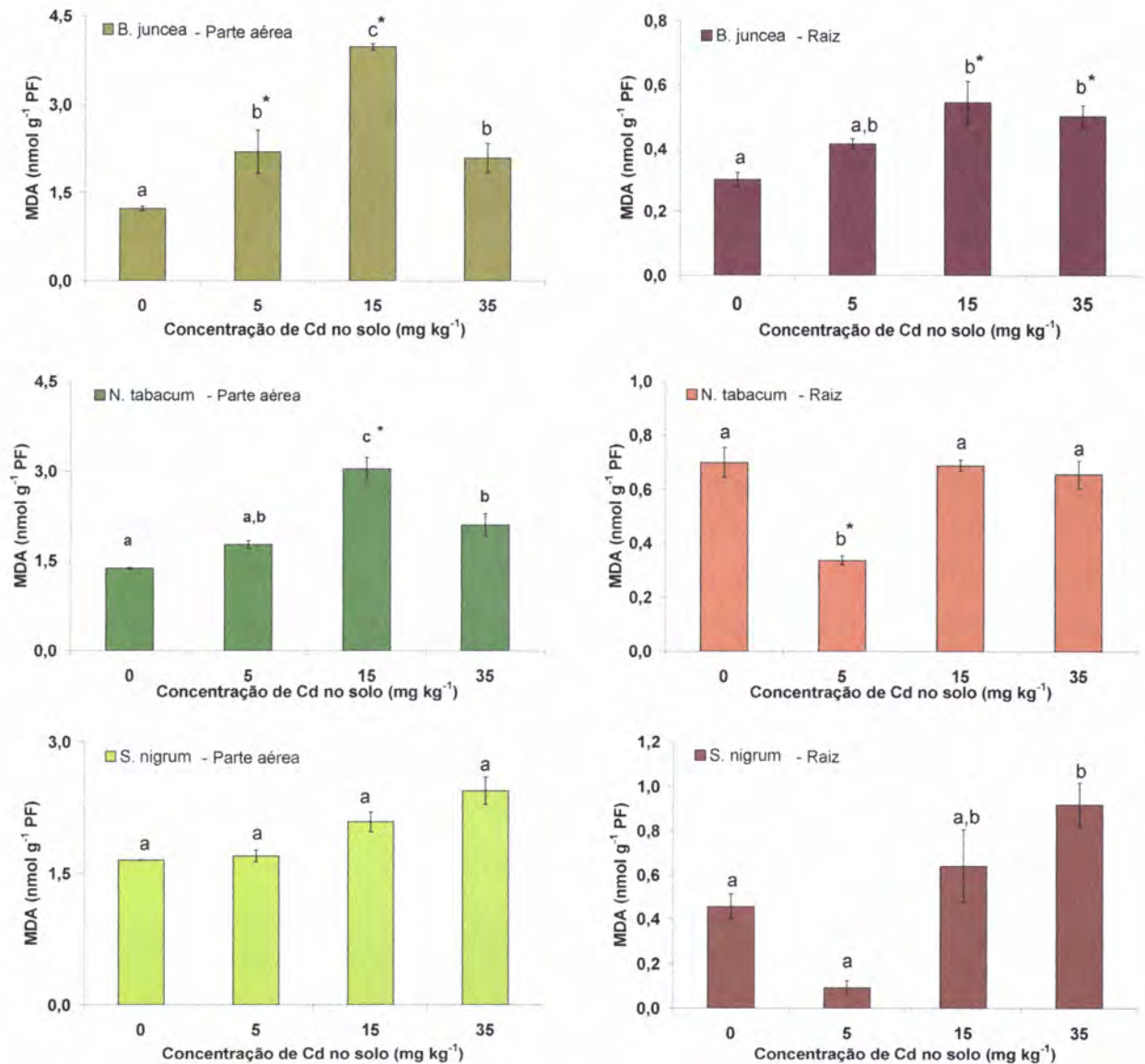


Figura 3.2 - Peroxidação Lipídica (malondialdeído) observadas para a parte aérea e raiz das plantas *B. juncea* (■), *N. tabacum* (■) e de *S. nigrum* (■). Todos os valores representados são a média de 2 a 5 réplicas ± SE (tabelas A5, A6 e A7 do anexo IV). Os resultados apresentados com a mesma letra não são significativamente diferentes com $p < 0.05$. Os resultados apresentados com * são significativamente diferentes da concentração controlo de Cd com $p < 0.01$

O maior resultado que reflecte a presença de malondialdeído foi obtido para a parte aérea da *B. juncea* ($p < 0.01$, tabela A39 do anexo XI) e *N. tabacum* ($p < 0.01$, tabela A45 do anexo

XI) na presença de 15 mg Cd kg⁻¹ de solo. Ainda assim, este nível de contaminação não revelou ser nocivo para o crescimento destas plantas, tal como se pode constatar pelos resultados de biomassa obtidos. Stobrawa & Lorenc-Plucińska 2008 também registaram aumento em ambos os resultados de malondialdeído e de altura da parte aérea.

Para a *B. juncea* aos 35 mg Cd kg⁻¹ a planta demonstrou ter dificuldades em adaptar-se aos níveis de toxicidade existentes nos compartimentos da parte aérea ($p < 0.05$, tabela A38 do anexo XI) quer na raiz ($p < 0.05$, tabela A41 do anexo XI), observando-se o aumento em relação ao controlo ($p < 0.01$, tabela A42 do anexo XI). Esta contaminação de cádmio é elevada, podendo originar morte celular até mesmo em plantas designadas hiperacumuladoras.

Para a *S. nigrum*, apesar da redução no crescimento da planta se ter verificado logo aos 5 mg Cd kg⁻¹ ($p < 0.01$, tabela A15 do anexo XI), em estudos anteriores demonstraram não ter havido alterações significativas na parte aérea, indicando que o consumo das espécies ERO foi assegurado pelas reacções envolvidas na protecção e defesa das células em condições de stress (Sun *et al.* 2007). A extensão da peroxidação lipídica na parte aérea de *S. nigrum* na presença de 5 mg Cd kg⁻¹ de solo não aumentou (em comparação com o controlo) ($p < 0.01$, tabela A51 do anexo XI), e em conjunto com a elevada quantidade de cádmio acumulada nas raízes (superior à parte aérea de *B. juncea* ou *N. tabacum*) parece indicar que a *S. nigrum* possui outras estratégias para enfrentar a toxicidade de cádmio em baixos níveis de contaminação deste metal de solo. De acordo com Sun *et al.* 2006, os ácidos orgânicos presentes nesta espécie desempenham um importante papel, ligando-se ao cádmio, o qual pode assim ser armazenado de forma segura nos vacúolos.

As três plantas apresentaram concentrações de malondialdeído mais elevadas na parte aérea, para todas as contaminações de cádmio presentes no solo. No entanto, a concentração de malondialdeído na raiz não seguiu a mesma tendência observada na parte aérea, nomeadamente:

- (i) o aumento da concentração de malondialdeído na presença de cádmio não foi observado para o *N. tabacum* ($p < 0.05$, tabela A47 do anexo XI);
- (ii) a *N. tabacum* mostrou um valor de concentração de malondialdeído baixo na raiz quando expostas a 5 mg Cd kg⁻¹ de solo ($p < 0.01$, tabela A48 do anexo XI). Para esta contaminação, esta planta apresentou elevados FT e FB, contrariamente ao caso da *B. juncea*.

Os resultados de peroxidação lipídica e de actividade enzimática para 5 mg Cd kg⁻¹ de solo na raiz indicam que os mecanismos de desintoxicação utilizados foram os adequados nos respectivos compartimentos celulares, não sendo suficientes para concentrações de cádmio mais elevadas.

As diferenças obtidas nos resultados da acumulação de malondialdeído nos tecidos, podem ser atribuídos ao metabolismo de protecção específico desenvolvido e condicionado pelas diferentes espécies de plantas e tecidos.

1.4 Stress oxidativo

As alterações induzidas pela presença do cádmio nas actividades das enzimas envolvidas nos mecanismos de destruição de ERO de diversas plantas, foram já comprovadas e publicadas (Demiral & Türkan, 2005; Sun *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2007).

- Catalase

O peróxido de hidrogénio está relacionado com diversas patologias ligadas ao stress oxidativo. Sendo tóxico para as células, o peróxido deve ser rapidamente convertido numa espécie química que seja inócua. A catalase tem o mais alto número de turnover (kcat) conhecido em enzimas, tornando-a numa enzima importante para a desintoxicação desta substância (Nelson & Cox, 2005).

Observando a figura 3.3, em todas as plantas se observa um aumento da actividade enzimática da CAT, quer na parte aérea quer na raiz para 15 e 35 mg Cd kg⁻¹, indicando que as ERO induzidos pela presença de Cd foram metabolizadas pela CAT nos peroxissomas.

Salienta-se a superioridade na actividade enzimática da parte aérea face à raiz, no que diz respeito à ordem de grandeza. Esta diferença pode dever-se ao facto desta enzima se encontrar maioritariamente nos peroxissomas das folhas, e a proliferação destes aumentar na presença de stress oxidativo (Mittler, 2002).

Tem sido publicado que esta enzima é indispensável na tolerância do stress oxidativo em várias plantas como o tabaco (Apel & Hirt, 2004), no entanto neste trabalho a *S. nigrum* foi a planta que apresentou uma actividade consideravelmente elevada na parte aérea quando comparada com as restantes duas plantas. Foi apenas significativamente diferente do controlo aos 35 mg Cd kg⁻¹ na parte aérea ($p < 0.05$, tabela A68 do anexo XII) e na raiz aos 15 e aos 35 mg Cd kg⁻¹ ($p < 0.01$, tabela A72 do anexo XII). Num outro estudo semelhante, as actividades de algumas enzimas antioxidantes em folhas de trigo, incluindo a CAT, não variaram significativamente a baixas concentrações de cádmio (inferiores a 3,3 mg Cd kg⁻¹ de solo), oscilando drasticamente a elevadas concentrações de cádmio (Lin *et al.*, 2007).

Para *N. tabacum* foi obtido um baixo resultado para a actividade da CAT da raiz na presença de 5 mg Cd kg⁻¹ de solo. Na *S. nigrum* o comportamento entre a concentração controlo e os 5 mg Cd kg⁻¹ de solo manteve-se inalterado. Estes resultados foram semelhantes aos resultados observados para a peroxidação lipídica.

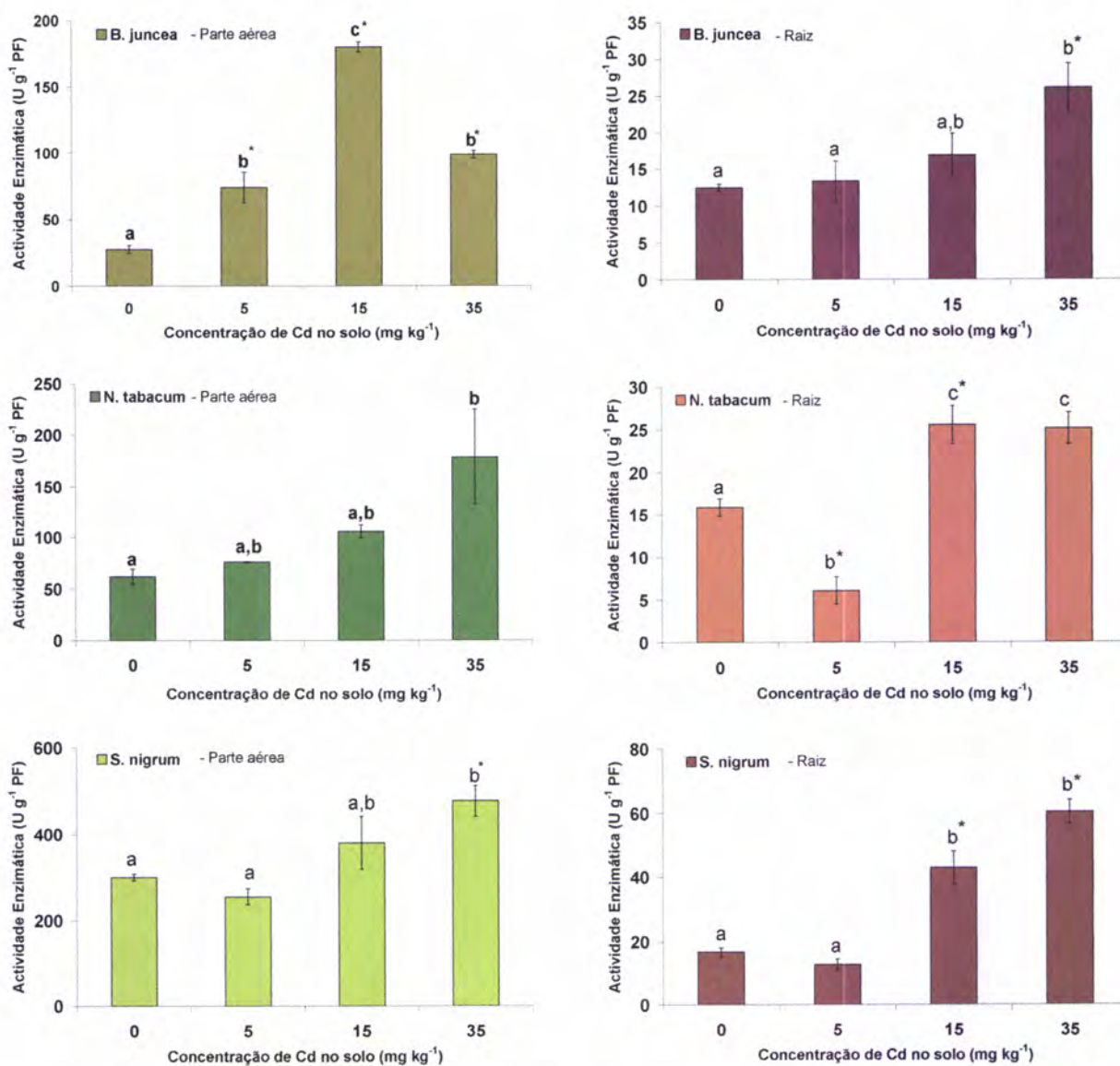


Figura 3.3 - Atividade Enzimática da CAT observadas para a parte aérea e raiz das plantas *B. juncea* (■), *N. tabacum* (■) e de *S. nigrum* (■). Todos os valores representados são a média de 2 a 5 réplicas ± SE (tabelas A8, A9 e A10 do anexo V). Os resultados apresentados com a mesma letra não são significativamente diferentes com $p < 0.05$. Os resultados apresentados com * são significativamente diferentes da concentração controle de Cd com $p < 0.01$

A resposta global bastante positiva da CAT face à contaminação de cádmio aponta para uma forte presença de H_2O_2 nos tecidos vegetais.

- Ascorbato – Peroxidase

As peroxidases têm um papel importante na desintoxicação celular. Os substratos dadores de electrões nas reacções das peroxidases são de natureza bastante diversa, tendo-se utilizado neste trabalho o ascorbato e a guaiacol.

A diferente gama de valores observados na actividade da APX (μM) e na CAT (mM) sugere uma especificidade diferente destes biomarcadores, pertencendo a duas classes diferentes de enzimas responsáveis pela eliminação do H_2O_2 .

No presente trabalho, os valores mais elevados de actividades da APX foram observados na parte aérea e raiz da *N. tabacum*, como se mostra na figura 3.4. Tal como se verificou para a CAT no caso da *N. tabacum* e *S. nigrum*, foram obtidos resultados semelhantes ou ligeiramente inferiores na actividade da APX nas plantas expostas a 5 mg Cd kg^{-1} em relação ao controlo.

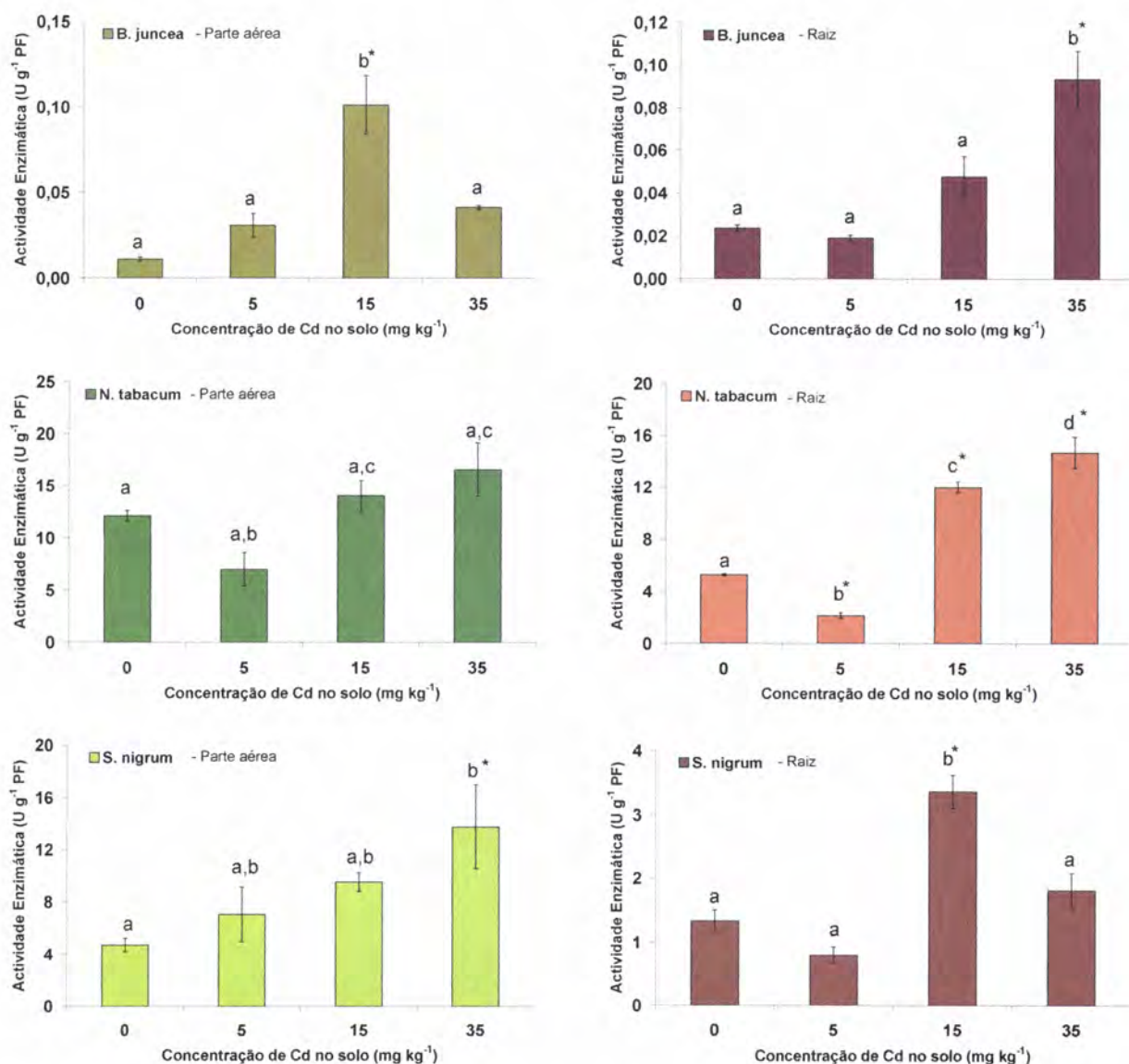


Figura 3.4 - Actividade Enzimática da APX observadas para a parte aérea e raiz das plantas *B. juncea* (■), *N. tabacum* (■) e de *S. nigrum* (■). Todos os valores representados são a média de 2 a 5 réplicas \pm SE (tabelas A11, A12 e A13 do anexo VI). Os resultados apresentados com a mesma letra não são significativamente diferentes com $p < 0.05$. Os resultados apresentados com * são significativamente diferentes da concentração controlo de Cd com $p < 0.01$

Para a *B. juncea* os resultados relativos à actividade enzimática são bastante inferiores às restantes culturas. Mesmo para valores de actividade de APX bastante reduzidos aos 15 mg Cd kg⁻¹ observa-se um aumento significativo na parte aérea desta planta ($p < 0.01$, tabela A75 do anexo XIII), tal como se registou para a CAT. Para a raiz desta planta, verifica-se um aumento da actividade da APX aos 35 mg Cd kg⁻¹ considerado como muito significativo ($p < 0.01$, tabela A78 do anexo XIII) em relação ao controlo. Qadir *et al.* 2004 também registou ligeiro aumento na actividade da APX em culturas de *B. juncea*, apesar de ocorrerem baixas manifestações desta enzima. Devido ao facto desta enzima estar envolvida num ciclo paralelo (Figura 1.4) de defesa ao stress oxidativo, as respostas obtidas podem ser baixas relativamente às restantes enzimas que actuam mais directamente na protecção da célula.

Para a *S. nigrum* foram obtidos resultados superiores na parte aérea em relação à raiz (tal como se verificou na figura 3.3 da CAT em todas as plantas). Este resultado não é concordante com Dinakar *et al.* 2008, o qual reportou um resultado superior de actividade de APX na raiz em relação à parte aérea em ensaios hidropónicos com duração de 10-25 dias, com 0,1 mmol Cd L⁻¹.

A actividade enzimática na parte aérea (*versus* raiz) foi maior na *N. tabacum* e *S. nigrum* (figura 3.3).

- Guaiacol – Peroxidase

Esta enzima pode ser considerada como um marcador de stress oxidativo, uma vez que tem grande especificidade para substratos fenólicos e elevada afinidade para o H₂O₂ (Mittler, 2002).

Em relação à *B. juncea*, pode observar-se pela figura 3.5, um aumento significativo na estimulação da actividade da GPX em relação ao controlo, quer na parte aérea ($p < 0.01$, tabela A93 do anexo XIV) quer na raiz ($p < 0.05$, tabela A95 do anexo XIV) logo desde os 5 mg Cd kg⁻¹ (cerca de 6 vezes superior na parte aérea). Com o aumento da contaminação de cádmio houve uma intensa produção de malondialdeído, o que originou um aumento significativo na actividade enzimática de GPX em relação ao controlo (Figura 3.2). Deste modo, a GPX parece desempenhar uma função essencial na parte aérea da *B. juncea*, uma vez que o aumento observado na GPX na presença de Cd no solo foi superior ao verificado nas actividades de APX e CAT.

Para a *N. tabacum* a actividade de GPX não aumentou com o aumento de Cd comparando com o controlo (tabelas A98 e A101 do anexo XIV), indicando que a GPX não assume a importância de enzimas como a CAT e APX nos mecanismos de desintoxicação de ERO nesta planta.

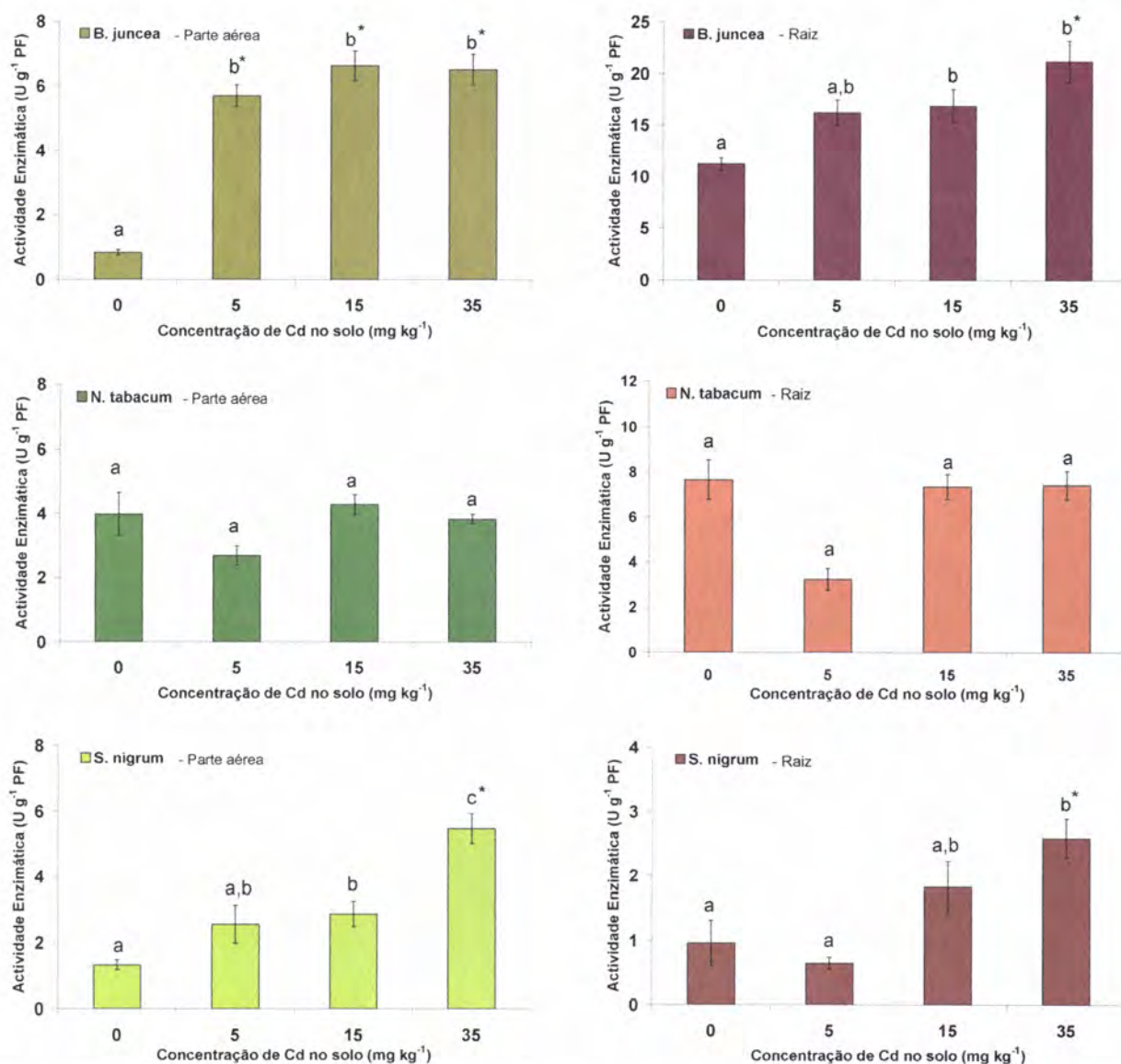


Figura 3.5 - Atividade Enzimática da GPX observadas para a parte aérea e raiz das plantas *B. juncea* (■), *N. tabacum* (■) e de *S. nigrum* (■). Todos os valores representados são a média de 2 a 5 réplicas \pm SE (tabelas A14, A15 e A16 do anexo VII). Os resultados apresentados com a mesma letra não são significativamente diferentes com $p < 0.05$. Os resultados apresentados com * são significativamente diferentes da concentração controle de Cd com $p < 0.01$.

A *S. nigrum* apresentou maior atividade da GPX para a parte aérea do que para a raiz, contrariamente ao que se tinha observado em publicações anteriores (Sun *et al.*, 2007). Registou-se um aumento significativo ($p < 0.01$, tabela A105 do anexo XIV) na actividade desta enzima, em especial aos 35 mg Cd kg⁻¹ para a parte aérea, assim como na raiz ($p < 0.05$, tabela A108 do anexo XIV). Esta cultura apresentou uma menor reacção radicular na actividade da GPX e APX, ao contrário do que aconteceu no caso da CAT, o que leva a concluir que a CAT foi a maior responsável pela remoção de H_2O_2 dos tecidos celulares.

Apenas na parte aérea da *S. nigrum* a actividade da GPX foi superior à raiz. As duas restantes plantas, *B. juncea* e *N. tabacum*, apresentaram comportamentos contrários.

- Superóxido – Dismutase

A actividade da superóxido dismutase garante elevada protecção das células contra o stress oxidativo. O balanço entre as actividades da CAT, APX, GPX e SOD nas células é crucial para determinar o equilíbrio entre os radicais $O_2^{\bullet-}$ e o H_2O_2 .

Lin *et al.* 2007 observaram um aumento da actividade da SOD na parte aérea de uma cultura de trigo exposta a 33 mg Cd kg^{-1} presente no solo durante 2 semanas. No entanto, em ensaios com duração de 50 dias (Sun *et al.* 2008a) e 120 dias (Stobrawa & Lorenc-Plucińska 2008), a contaminação presente no solo provocou o aumento das actividades de APX e CAT devido à reacção das plantas contra a presença de H_2O_2 , sem no entanto afectar a actividade da SOD.

Apesar da SOD, APX e GPX terem mostrado noutras plantas comportamentos de indução e consumo de ERO face às contaminações de cádmio, os quais podem ser devido aos seus sistemas de co-regulação (Fayiga & Ma, 2006), não foi o observado para as plantas desenvolvidas neste ensaio, onde não ocorreu correlação significativa entre as contaminações de cádmio e as actividades de SOD observadas (Figura 3.6).

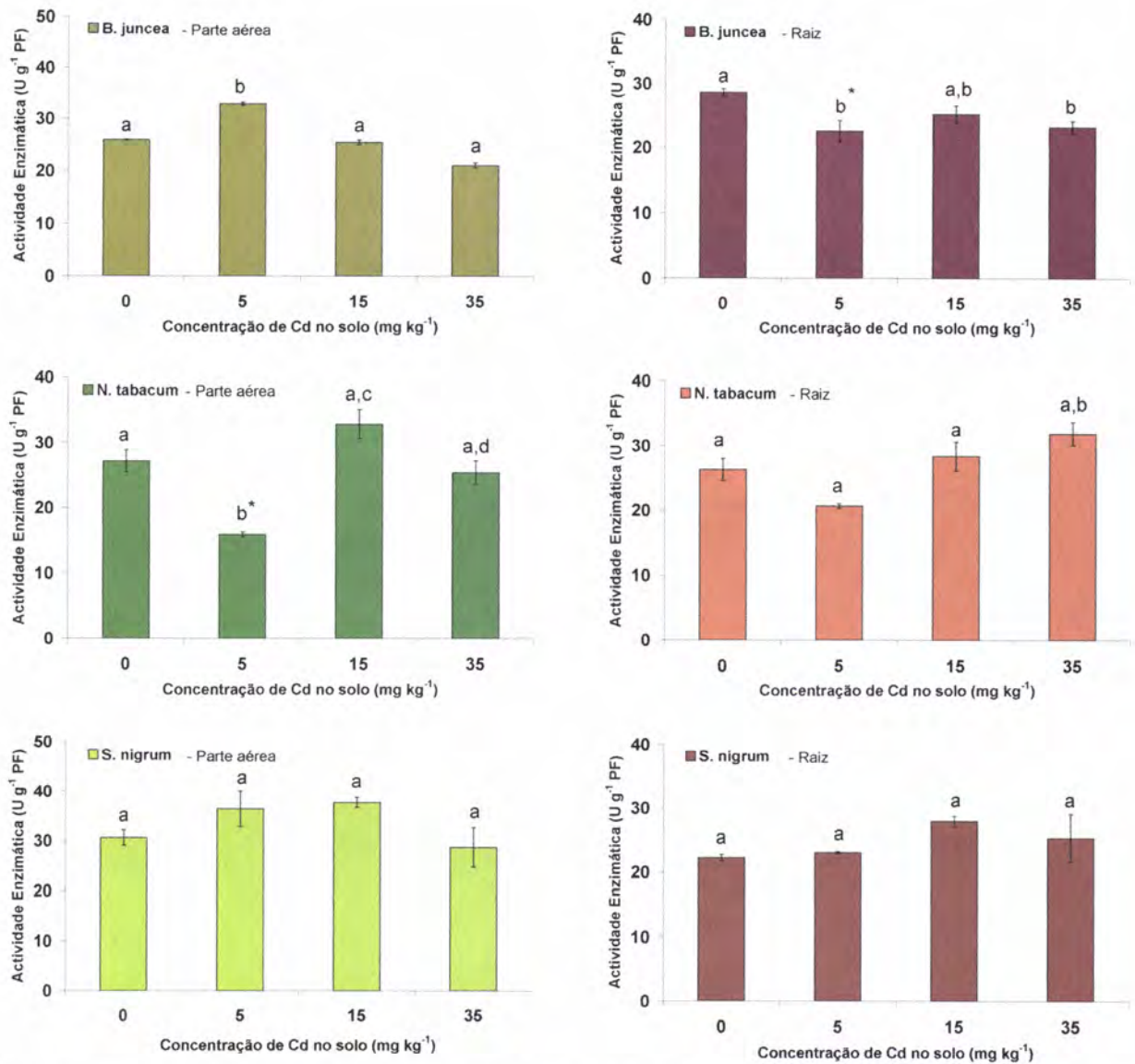


Figura 3.6 - Actividade Enzimática da SOD observadas para a parte aérea e raiz das plantas *B. juncea* (■), *N. tabacum* (■) e de *S. nigrum* (■). Todos os valores representados são a média de 2 a 5 réplicas \pm SE (tabelas A17, A18 e A19 do anexo VIII). Os resultados apresentados com a mesma letra não são significativamente diferentes com $p < 0.05$. Os resultados apresentados com * são significativamente diferentes da concentração controle de Cd com $p < 0.01$.

Os resultados obtidos sugerem que a duração do ensaio pode representar um factor importante para o desempenho desta enzima. Os resultados de actividade detectados na parte aérea e na raiz das plantas utilizadas neste trabalho (valores entre 20 e 36 U g^{-1} de peso fresco) indicam que a SOD dismutou o radical $\text{O}_2^{\bullet-}$ e pôde ser responsável pela formação de H_2O_2 posteriormente utilizado como substrato pela CAT.

IV – CONCLUSÕES



Foi observado um aumento de produção biomassa na *N. tabacum* e *B. juncea* até aos 15 mg Cd kg⁻¹. Comparando estas duas plantas, a *N. tabacum* apresentou maior quantidade de cádmio extraído por planta, maior factor de bioconcentração (FB) assim como factor de translocação (FT). Com valores de FT e FB >1.0, a planta *N. tabacum* pode ser classificada como hiperacumuladora de cádmio. Por outro lado, o FT da *B. juncea* demonstrou elevado potencial fitoextractor para elevadas concentrações de cádmio, uma vez que o FT aumentou com os níveis de contaminação. O FB foi sempre >1.0, demonstrando uma acumulação eficiente do metal.

Para o caso da *S. nigrum* foram observados os maiores valores de FT e FB na presença de 5 mg Cd kg⁻¹. As maiores concentrações de cádmio promoveram a acumulação do metal na raiz, limitaram a sua translocação para a parte aérea originando a diminuição de FT e FB. Apesar da *S. nigrum* ter apresentado o maior resultado de biomassa no controlo, o crescimento da *B. juncea* e *N. tabacum* não foi tão afectado desde logo na presença de 5 mg Cd kg⁻¹ de solo. O crescimento da parte aérea da *S. nigrum* foi muito sensível à presença do cádmio, com redução significativas desde os 5 mg Cd kg⁻¹ de solo, devido às elevadas quantidades de cádmio presentes na parte aérea (cerca de 200 mg Cd kg⁻¹ de peso seco).

Os resultados demonstraram igualmente a activação de componentes importantes nos mecanismos de defesa antioxidante nas três espécies de plantas, como resposta de adaptação e/ou inversão do efeito da presença de espécies reactivas de oxigénio, especialmente nos tratamentos com 15 e 35 mg Cd kg⁻¹ de solo. No entanto esta resposta não foi suficiente para prevenir danos oxidativos, levando ao aumento da peroxidação lipídica. As diferentes enzimas e diferentes gamas de actividade na raiz e parte aérea sugerem que foram activados diferentes mecanismos antioxidantes nos vários compartimentos das plantas.

No geral, foram observados aumentos significativos nos resultados de peroxidação lipídica e nas actividades da CAT, APX e GPX na raiz e parte aérea de *B. juncea* e *S. nigrum*, para os maiores níveis de contaminação de cádmio, 15 e 35 mg Cd kg⁻¹. Para a parte aérea e raiz da *N. tabacum*, foi observada a mesma tendência para a CAT, APX e peroxidação lipídica. A actividade da CAT foi superior na parte aérea em todas as plantas para todas as concentrações de cádmio, provavelmente originadas por mecanismos fotossintéticos e fotorespiração da parte aérea, levando ao aumento da concentração de H₂O₂. A *N. tabacum* foi a planta que apresentou maiores aumentos na actividade da CAT, quer na raiz quer na parte aérea.

Comparando com as restantes plantas, a resposta da GPX na *B. juncea* foi a mais positiva, com aumentos significativos na actividade enzimática da parte aérea desde os 5 mg Cd kg⁻¹, e na raiz aos 15 e 35 mg Cd kg⁻¹.

A duração do ensaio parece ter influenciado o comportamento da SOD. Futuramente sugere-se um ensaio dinâmico de modo a monitorizar ao longo do tempo as alterações na actividade desta enzima.

V – BIBLIOGRAFIA



- Alberts, J.J., Price, M.T. & Kania, M., 1990, Metal Concentrations in Tissues of *Spartina alterniflora* (Loisel) and Sediments of Georgia Salt Marshes. *Estuarine Coastal and Shelf Science* (30) 4-58
- Alscher, R., Donahue, J., Cramer, C., 1998. Reactive oxygen species and antioxidants relationship in green cells. *Physiologia Plantarum* (100) 224-233
- Alscher, R., Erturk, N., Heath, L., 2002. Role of superoxide dismutase (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *Journal of Experimental Botany* (53) 1331-1341
- Alvarenga, P., Araújo, M.F. & Silva, J.A.L., 1998, As Plantas, os Solos, os Metais e a Vida-Jogos Múltiplos. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, nº 71, 10-19
- Alloway, B.J., 1995. Soil Processes and the Behaviour of Heavy Metals. In: Heavy metals in soils. B.J. Alloway (ed.), Blackie Academic Publications, UK, 11-37 pp.
- Alloway, B.J., 1995. Heavy metals in soil. Blackie Academic & Professional Ed. 2nd Edition. London. 368 pp.
- Anselmo, A., Jones, C., 2005. Fitoremediação de solos contaminados. XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 Out - 01 de Nov de 2005
- Apel, K., Hirt, H., 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, oxidative stress and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol* (55) 373-399
- Azevedo, H, M. O., 1995. Absorção e acumulação de cádmio em três cultivares de *Lactuca sativa* L.). Dissertação de mestrado em Nutrição Vegetal e Fertilidade dos Solos e Fertilização. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 132 pp.
- Barceló, J., Vázquez, M. D., Pocherrieder, C. H., 1998. Cadmium induced structural and ultrastructural changes in the vascular system of bush bean stems. *Botanica Acta* (101) 254-261
- Baker, E. D., Amacher, M. C., 1982. Nickel, copper, zinc and cadmium. In: Methods of soil analysis part 2: chemical and microbiological properties. 2nd Edition. Page, A. L., Miller, R. H.,

- Keeney, D. R. (Editores). Am. Soc. Agron. Inc., Soil Soc. Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA, pp 323-336. (*cit in* Domingues, 1999)
- Baker, A., McGrath, S., Sidoli, C., and Reeves, R., 1995. The Potential for Heavy Metal Decontamination. *Mining Environ. Management* 3 (3)12-14
- Belomiv, A., Hontzeas, N., Safronova, V., Demchinskaya, S., Piluzza, G., Bullitta, S., Glick, B., 2005. Cadmium tolerant plant growth promotion bacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern.). *Soil Biology & Biochemistry* (37) 241-250
- Bergmeyer, H. U.; *Methods of Enzymatic Analysis* Vol. 3, 3rd Ed., 1983; Verlag Chemie Weinheim; Germany. pp 273-286
- Caçador, I., Vale, C. & Catarino, F., 1996, Accumulation of Zn, Pb, Cu, Cr and Ni in Sediments Between Roots of the Tagus Estuary Salt Marshes, Portugal. *Estuarine Coastal and Shelf Science* (42) 393-403
- Caçador, I. & Vale, C., 2001, Salt Marshes. In: *Metals in the Environment - Analysis by Biodiversity*. Prasad, M.N.V. arcel Dekker Inc, New York. pp. 95-114
- Caçador, I., Vale, C. & Catarino, F., 2000, Seasonal Variation of Zn, Pb, Cu and Cd Concentrations in the Root-Sediment System of *Spartina maritima* and *Halimione portulacoides* from Tagus Estuary Salt Marshes. *Marine Environmental Research* (49) 279-290
- Castro, A. e Roque, M., (1997). *Biologia - 12º Ano – 2ª Parte*. Porto Editora.
- Chizzola, R., 1997. Comparative cadmium uptake and mineral composition of cadmium treated *Papaver somniferum*, *Triticum durum* and *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Applied Botany* 516 (71) 147-153
- Christensen, T. H., 1985. Cadmium sorption at low concentrations: IV Effect of waste leachates on distribution coefficients. *Water, Air and Soil Pollution* (26) 265-274 (*cit in* Azevedo, 1995)
- Crews, H. M., Davies, B. E., 1985. Heavy metal uptake from contaminated soils by six varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Agricultural Science* (105) 591-595

- Cunningham, S., Berti, W., Huang, J., 1995. Phytoremediation of contaminated soils. Tibtech, vol. 13.
- Das, P., S. Samantaray, e G. Rout. 1997. Studies on cadmium toxicity in plants: A review. R. Environm. Pollution (98) 29-36
- Davies, B.E., 1994, Soil Chemistry and Bioavailability with Special Reference to Trace Elements. In: Plants and the Chemical Elements-Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxicity, Farago, M.E. (ed.), VCH. 2-26pp
- Demiral, T., Türkan, I., 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany (53) 247-257
- Dias, A. E. X. J., 2000. Bioremediação de áreas afectadas por resíduos sólido tóxicos. In Sisino, C. L. S., Oliveira, R. M. De (Editores). Resíduos sólidos, ambiente e saúde, uma visão multidisciplinar. Editora Fiocruz. Rio de Janeiro. 79-98 pp.
- Dinakar, N., Nagajyothi, P., Suresh, S., Udaykiran, Y., Damodharam, T., 2008. Phytotoxicity of cadmium on protein, proline and antioxidant enzyme activities in growing *Arachis hypogaea* L. seedlings. Journal of Environmental Sciences (20) 199-206
- Domingues, H. L. B. R. Da C., 1999. Comportamento de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) em solos tratados com lamas residuais urbanas. Dissertação de Grau de Doutor. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. 283pp.
- Duarte, V., 2001. Variação genética de populações de *Solanum nigrum* L. Tese de Licenciatura em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa. 3-7pp
- Eapen, S., and D'Souza, S., 2005. Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals. Biotechnol. Adv. 23, 97–114.
- Engelen, D., Sharpe-Pedler, R., Moorhead, K., 2007. Effect of chelating agents and solubility of cadmium complexes on uptake from soil by *Brassica juncea*. Chemosphere (68) 401-408
- EPA. 2000. Introduction to Phytoremediation. EPA/600/R-99/107. February 2000. USA.

- Evangelou, M., Ebel, M., Schaeffer, A., 2006. Evaluation of the effect of small organic acids on phytoextraction of Cu and Pb from soil with tobacco *Nicotiana Tabacum*. *Chemosphere* (63) 996-1004
- Fayiga, A. and Ma, L., 2006. Using phosphate rock to immobilize metals in soil and increase arsenic uptake by hyperaccumulator *Pteris vittata*. *Sci. Total Environ* (359) 17–25
- Feng MH, Shan XQ, Zhang S, Wen B., 2005. A comparison of the rhizosphere-based method with DTPA, EDTA, CaCl₂, and NaNO₃ extraction methods for prediction of bioavailability of metals in soil to barley. *Environmental Pollution* (137) 231-240
- Fergusson, J. E., 1990. *The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects*. 1st Edition Pergamon press. UK. 614pp.
- Ferreira, J. A., 2000. Resíduos sólidos: perspectivas actuais. In Sisinho, C. L. S., Oliveira, R. M de (Editores). *Resíduos sólidos, ambiente e saúde, uma visão multidisciplinar*. Editora Fiocruz. Rio de Janeiro. 19-38pp.
- Foy, C. D., Chaney, R. L., White, M. C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. Annual version *Plant Physiology* (29) 511-566
- Gonçalves, I. F. V. M., 2000. Fundo geoquímico, poluição e comportamento do antimónio, cádmio, chumbo, crómio, estanho e zinco em fluvissois. ISA, 100 pp.
- Gorinova, N., Nedkovska, M., Todorovska, E., Simona-Stoilova, L., Stoyanova, Z., Georgieva, K., Demirevska-Kepova, K., Atanassov, A., Herzig, R., 2007. Improved phytoaccumulation of cadmium by genetically modified tobacco plants (*Nicotiana Tabacum* L.). Physiological and biochemical response of the transformants to cadmium toxicity. *Environmental Pollution* (145) 161-170
- Gupta, A., Sinha, S., 2007. assesement of single extraction methods for the prediction of bioavalability of metals to *Brasica juncea* L. Czern. (var Vaibhav) grown on tannery waste contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials* (149) 144-150
- Impellitteri, C. A., Allen H. E., Yin Y., You Sun-Jae, e Saxe J. K. 2001. Soil Properties Controlling Metal Partitioning. In Selim, H. M. and D. L. Sparks (Eds.), *Heavy metals released in soils*. Lewis Publishers. 149-165pp.

- Khan, I., Ahmad A., Iqbal M., 2009. Modulation of antioxidant defence system for arsenic detoxification in Indian mustard. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72 (2) 626-634
- Kirkham, M., 2006. Cadmium in plants on polluted soils: Effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments. *Geoderma*, 37 (1-2) 19-32
- Kubois, T., Noguchi, A., Yazaki, J., 1987. Relationship between tolerance and accumulation characteristics of cadmium in higher plants. *Journal of Plant and Soil* 104 (2) 275-280.
- Kumar, P., Dushenkov, V., Motto, H., Raskin, I., 1995. Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science and Technology*. (29) 1232-1238
- Lasat, M. M., 2001. The use of plants for the removal of toxic metals from contaminated soil. American association for the advancement of environmental science and engineering fellow. 1-33pp.
- Leita, L., De Nobili, M., Cesco, S., 1996. Analysis of intracellular cadmium forms in roots and leaves of bush bean. *Journal of Plant Nutrition* 19 (3) 527-533.
- Lin, R., Wang, X., Luo, Y., Du, W., Guo, H., Yin, D., 2007. Effects of soil cadmium on growth, oxidative stress and antioxidant system in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). *Chemosphere* (69) 89-98
- Liu, Y., Wang, X., Zeng, G., Qu, D., Gu, J., Zhou, M., Chai, L., 2007. Cadmium-induced oxidative stress and response of the ascorbate-glutathione cycle in *Beckmeria nivea* (L.) Gaud. *Chemosphere* (69) 99-107
- Lo, I., Yang, X., 1999. EDTA extraction of heavy metals from different soil fractions and synthetic soils. *Water, Air, & Soil Pollution* (109) 219-236
- Lozano-Rodríguez, E., Hernandez, L., Bonay, P., Carpena-Ruiz, R., 1997. Distribution of cadmium in shoot and root tissues of maize and pea plants: physiological disturbances. *Journal of Experimental Botany* (48) 123-128
- Macek, T., Macková, M., Pavliková, D., Száková, J., Truksa, M., Singh-Cundy, A., Kotrba, P., Yancey, N., Scouten, W., 2002. Accumulation of cadmium by transgenic tobacco. *Acta Biotechnologica* (22) 101-106.

- Mahler, M. J., Bingham, F. T. Page, A. L., Ryan, J. A., 1982. Cadmium enriched sewage sludge application to acid and calcareous soil: effect on soil and nutrition of lettuce, corn, tomato and swiss chard. *Journal of Environmental Quality* 11(4) 694-700
- Maksymiec, W., Krupa, Z., 2006. The effects of short-term exposition to Cd, excess Cu ions and jasmonate on oxidative stress in *Arabidopsis thaliana*. *Environmental and Experimental Botany* (57) 187-194
- Mallick, N., Mohn, F., 2000. Reactive oxygen species: response of algal cells. *Journal of Plant Physiology* (157) 183-193
- Marques, A., Oliveira, R., Rangel, A., Castro, P., 2006. Zinc accumulation in *Solanum nigrum* is enhanced by different arbuscular mycorrhizal fungi. *Chemosphere* (65) 1256-1263
- Marques, A., Oliveira, Samardjieva, K., Pissarra, J., R., Rangel, A., Castro, P., 2007. *Solanum nigrum* grown in contaminated soil: Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on zinc accumulation and histocalisation. *Environmental Pollution* (145) 691-699
- Mehra, A., Farago, M.E., 1994, Metals Ions and Plant Nutrition. In: *Plants and the Chemical Elements-Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxicity*, Farago, M.E. (ed.), VCH, 32-59pp.
- Mendez-Armenta, M., Rios, C., 2007. Cadmium neurotoxicity. *Environmental Toxicology and Pharmacology* (3) 350-358
- Miles, L. J., Parker, G. R., 1977. Effects of zinc addition to two north-western Indiana soils on growth of andropogon sceparius and availability of Cd, Pb and Cu. *Proceedings of the Indiana Academy of Science* 87, 167-168pp (*cit in Domingues, 1999*).
- Mishra, S., Srivastava, S., Tripathi, R., Govindarajan, R., Kuriakose, S., Prasad, M., 2006. Phytochelatin syntesis and response of antooxidants during cadmium stress in *Bacopa monnieri* L. *Plant Physiology and Biochemistry* (44) 25-37
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* (7) 405-410
- Nelson, D. L., Cox, M. M., 2005. *Lehninger Principles of Biochemistry*, 4^a edição, W. H. Freeman.

- Nouairi, I., Ammar, W., Youssef, N., Daoud, D., Ghorbal, M., Zarrouk, M., 2006. Comparative study of cadmium effects on membrane lipid composition of *Brassica juncea* and *Brassica napus* leaves. *Plant Science* (170) 511-519
- Novozamsky, I., Lexmond, T.H.M., Houba, V.J.G., 1993. A single extraction procedure of soil for evaluation of uptake of some heavy metals by plants. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* (51) 47-58
- Olmos, E., Martinez-Solanuo, J., Piqueras, A., Hellin, E., 2003. Early steps in the oxidative burst induced by cadmium in cultured tobacco cells (BY-2 line). *Journal of Experimental Botany* (54) 291-301
- Pinto, A. P. H., 2002. Estudo do comportamento do sorgo em meios contaminados com cádmio. Efeito da matéria orgânica. Dissertação de mestrado em Nutrição Vegetal e Fertilidade dos Solos e Fertilização. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia e Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- Pinto, A. P., A. M. Mota, A. de Varennes, F. C. Pinto. 2004. Influence of organic matter on the uptake of cadmium, zinc, copper and iron by sorghum plants. *Science of Total Environment*. (326) 239-247
- Pivetz, B. E., 2001. Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites. EPA Ground Water Issue. February 2001 EPA/540/S-01/500.
- Prasad, K., Saradhi, P., Sharmila, P., 1999. Concerted action of antioxidant enzymes and curtailed growth under zinc toxicity in *Brassica juncea*. *Environmental and Experimental Botany* (42) 1-10
- Pueyo, M., López-Sanchez, J., Rauret, G., 2004. Assesment of CaCl₂, NaNO₃ and NH₄NO₃ extraction procedures for the study of Cd, Cu, Pb and Zn extractability in contaminated soils. *Analytica Chimica Acta* (504) 217-226
- Pueyo, M., Mateu, J., Rigol, A., Vidal, M., López-Sanchez, J., Rauret, G., 2008. Use of the modified BCR three-step sequential extraction procedure for the study of trace element dynamics in contaminated soils. *Environmental Pollution* 152 (2) 330-341

Qadir, S., Qureshi, M. I., Javed, S., Abdin, M. Z., 2004. Genotypic variation in phytoremediation potential of *Brassica juncea* cultivars exposed to Cd stress. *Plant Science* (167) 1171-1181

Quartacci, M., Baker, A., Navari-Izzo, F., 2005. Nitilotriacetate- and citric acid-assisted phytoextraction of cadmium by Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czernj, *Brassicaceae*). *Chemosphere* (59) 1249-1255

Razinger, J., Dermastia, M., Koce, J. D., Zrimec, A., 2008. *Environmental Pollution* 153 (3) 687-694

Rozema, J., Otte, M.L., Broekman, R., Kamber, G. & Punte, H., 1990, The Response of *Spartina anglica* to Heavy Metal Pollution. In: *Spartina anglica*, Gray, A.J. (ed.), HMSO, London.39-47pp.

Sadiq, M., Zaidi, T. H., 1981. The adsorption characteristics of soils and removal of cadmium and nickel from wastewaters. *Water, Air and Soil Pollution* (16) 293-299. (cit in Azevedo, 1995)

Sahuquillo, A., Rigol, A., Rauret, G., 2003. Overview of the use of leaching/extraction tests for risk assessment of trace metals in contaminated soils and sediments. *Trends in Analytical Chemistry* 22 (3) 152-159

Salt, D., Prince, R., Pickering, J., Raskin, I., 1995. Mechanisms of cadmium mobility and accumulation in Indian Mustard. *Plant Physiology* (109) 1427-1433

Salt, D., Smith, R., Raskin, I., 1998. Phytoremediation annual review of plant physiology (49) 643-669.

Scandalios, J., 1993. Oxygen stress and superoxide dismutases. *Plant Physiology* (101) 7-12

Schramell, O., Michalke, B., Kettrup, A., 2000. Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures. *The Science of the Total Environment* (263) 11-22

- Seth, C. S., Chaturvedi, P. K., Misra, V., 2008. The role of phytochelatins and antioxidants in tolerance to Cd accumulation in *Brassica juncea* L.. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71 (1) 76-85
- Shanker, A., Djanaguiraman, M., Sudhagar, R., Chandrashekar, C., Pathmanabhan, G., 2004. Differential antioxidative response of ascorbate glutathione pathway enzymes and metabolites to chromium speciation stress green gram (*Vigna radiate* (L.) R.. Wilczek. Cv CO 4) roots. *Plant Science* (166) 1035-1043
- Sharma, P., Dubey, R. S., 2005. Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17 (1) 35-52
- Silva, M. H. A., 2000, Aspectos Morfológicos e Ecofisiológicos de Algumas Halófitas do Sapal da Ria de Aveiro. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- Singh, O. V., S. Labana, G. Pandey, R. Budhiraja. 2003. Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil. *Appl Microbiol Biotechnol* (61) 405-412
- Sobkowiak, R. and Deckert, J., 2003. Cadmium-induced changes in growth and cell cycle gene expression in suspension-culture cells of soybean. *Plant Physiol. Biochem.* (41) 767–772
- Sridhar, B., Diehl, S., Han, F., Monts, D., Su, Y., 2005. Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in Indian mustard (*Brassica juncea*). *Environmental and Experimental Botany* (54) 131-141
- Stobrawa, K., Lorenc-Plucińska, G., 2008. threshold of heavy metals toxicity in cuttings of European black poplar (*Populus nigra* L.) determined according to antioxidant status of fine roots and morphometrical disorders. *Science of Total Environment.* (390) 86-96
- Suh, M., Choi, D., Liu, J., 1998. Cadmium resistance in transgenic tobacco plants expressing the *Nicotiana glutinosa* L. metallothionein-like gene. *Molecules and Cells* (8) 678-684
- Sun, R., Zhou, Q., Cai-Xi, J., 2006. Cadmium accumulation is relation to organic acids in leaves of *Solanum nigrum* L. as a newly found cadmium hyperaccumulator. *Plant Soi.* (285) 125-134

Sun, R., Zhou, Q., Sun, F., Jin, C., 2007. Antioxidant defense and proline/phytochelatine accumulation in a newly discovery Cd-hyperaccumulator, *Solanum nigrum* L. *Environmental and Experimental Botany* (60) 468-476

Sun, Y., Zhaojun, L., Chu, G., Wei, C., Liang, Y., 2008a. Arsenic mitigates cadmium toxicity in rice seedlings. *Environment Experimental Botany* (64) 264-270

Sun, Y., Zhou, Q., Diao, C., 2008b. Effects of cadmium and arsenic on growth and metal accumulation of Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L.. *Bioresource Technology* (99) 1103-1110

Tang, W., Newton, R., 2005. Peroxidase and catalase activities are involved in direct adventitious shoot formation induced by thidiazuron in eastern white pine (*Pinus strobus* L.) zygotic embryos. *Plant Physiology and Biochemistry* (43) 760–769

Tang, X., Zhu, Y., Cui, Y., Duan, J., Tang, L., 2006. The effect of ageing on the bioaccessibility and fractionation of cadmium in some typical soil of China. *Environmental International* (32) 682-689

Toppi, L., Gabbrielli, R., 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environmental and Experimental Botany*. (41) 105-130

Torres, R. D., 2003. El papel dos microrganismos em la biodegradaci3n de compostos t3xicos. *Ecosistemas* (2) 2-7

United Nations Environmental Programme – DTIE/CHEMICALS, 2006. Review of scientific information on cadmium. Draf of 24th May. 147pp

Valko, M., Rhodes, C., Moncol, J., Izakovic, M., Mazur, M., 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. Mini-Review. *Chemico-Biological Interactions* (160) 1-40

Varenes, A. de, 2003. Produtividade dos solos e ambiente. 1^a Ediç3o. Escolar editora. Lisboa

Vullo, D. L., 2003. Microrganismos y metales pesados: una interacci3n en beneficio del medio ambiente. *Quimica viva* (3) 2-17

Wei, S., Zhou, Q., Wang, X., Zhang, K., Guo, G., Ma, L., 2005. A newly discovered Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. Chinese Science Bulletin (50) 33-38

Wei, S., Zhou, Q., Koval, P., 2006. Flowering stage characteristics of cadmium hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. and their significance to phytoremediation. Science of the Total Environment. (1-3) 441-446

Wu, F., Zhang, G. P., and Dominy, P., 2003. Four barley genotypes respond differently to cadmium: lipid peroxidation and activities of antioxidant capacity. Environmental and Experimental Botany (50) 67-68

Xiyuan, X., Tongbin, C., Zhizhuang A., Mei L., Zechun H., Xiaoyong L., Yingru L., 2008. Potential of *Pteris vittata* L. for phytoremediation of sites co-contaminated with cadmium and arsenic: The tolerance and accumulation. Journal of Environmental Sciences (20) 62-67

Zhang, W., Cai, Y., Tu, C. and Ma, L., 2002. Arsenic speciation and distribution in an arsenic hyperaccumulating plant. Sci. Total Environ. (300) 167-177

Zhang, F., Wang, Y., Lou, Z., Dong, J., 2007. Effect of heavy metal stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of two mangrove plant seedlings (*Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorrhiza*). Chemosphere (67) 44-50

REFERÊNCIAS INTERNET:

[1] <http://www.ag.unr.edu/ROS/files/pages/ROSMetabolismdoc.htm> (Janeiro 2008)

[2] <http://www.iupac.org/goldbook/HT06787.pdf> (Março 2008)

[3] <http://www.iupac.org/goldbook/FT06786.pdf> (Março 2008)

ANEXOS



ANEXO I

Difractograma de RX



V1ensaio2

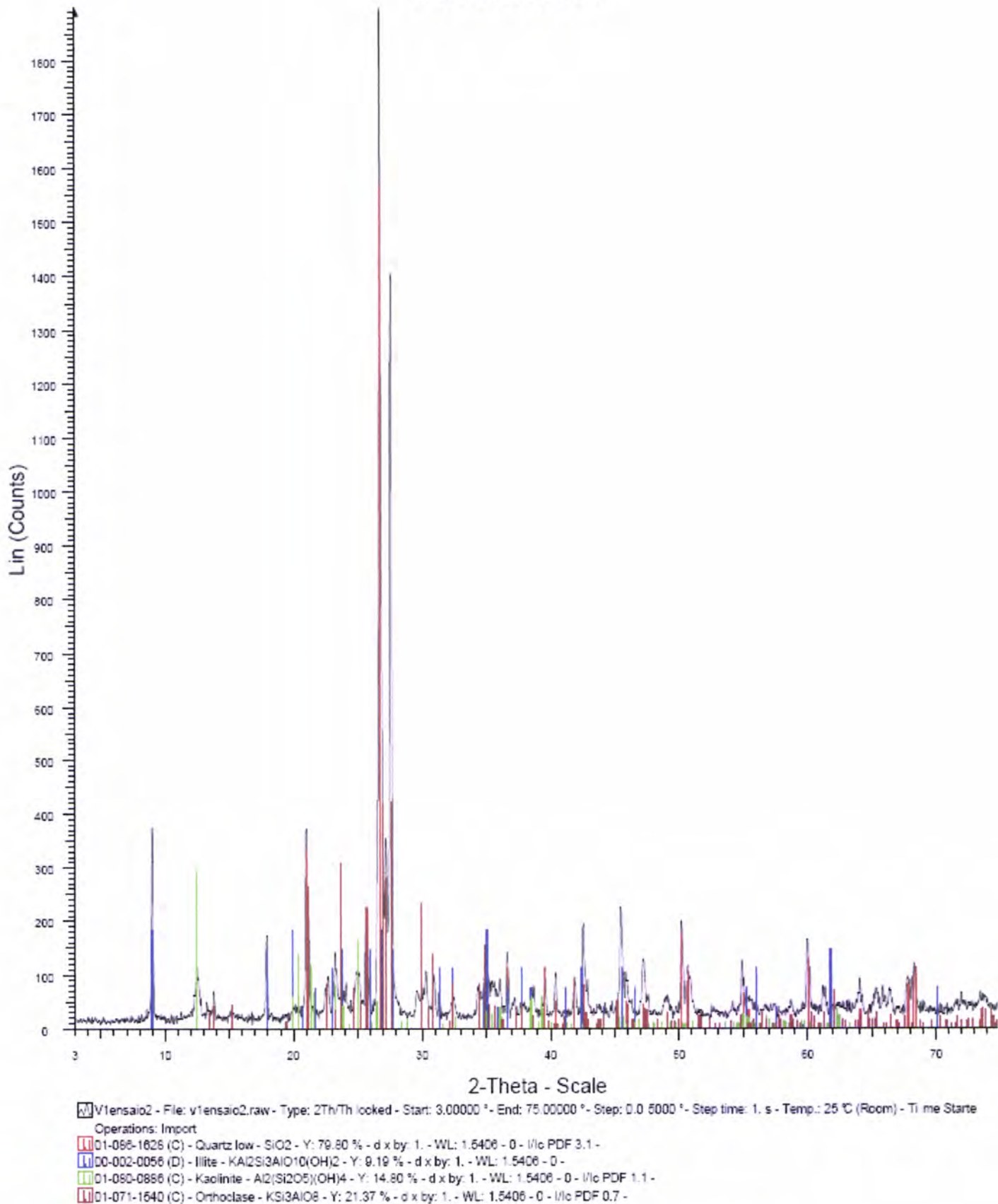


Figura A1 – Difractograma obtido na caracterização mineralógica do solo utilizado no ensaio.

ANEXO II

Efeito do cádmio na produção de biomassa vegetal



Tabela A1 - Resultados obtidos de biomassa (g de peso seco por planta) na parte aérea e na raiz da planta *B. juncea*

<i>B. juncea</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	0,340	0,782	6,176	1,224
	0,470	0,709	11,022	2,113
média	0,400	0,745	8,599	1,669
SE	0,060	0,040	2,420	0,440
Raiz	0,263	0,661	4,923	0,413
	0,375	0,676	3,396	0,362
média	0,319	0,668	4,159	0,554
SE	0,056	0,007	0,763	0,168

Tabela A2 - Resultados obtidos de biomassa (g de peso seco por planta) na parte aérea e na raiz da planta *N. tabacum*

<i>N. tabacum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	0,544	1,725	3,159	0,615
	0,584	1,145	5,709	0,536
		0,875	3,090	0,837
média	0,564	1,248	3,986	0,663
SE	0,020	0,251	0,862	0,090
Raiz	0,150	0,223	0,429	0,049
	0,153	0,129	0,449	0,059
média	0,151	0,160	0,439	0,054
SE	0,002	0,032	0,010	0,005

Tabela A3 - Resultados obtidos de biomassa (g de peso seco por planta) na parte aérea e na raiz da planta *S. nigrum*

<i>S. nigrum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	1,848	0,567	0,765	0,436
	1,879	0,430	0,593	0,300
	1,206	0,794	0,962	0,538
média	1,645	0,597	0,773	0,425
SE	0,219	0,106	0,107	0,069
Raiz	0,731	0,293	0,479	0,243
	0,715	0,516	0,659	0,166
		0,691	0,676	
média	0,723	0,500	0,605	0,205
SE	0,008	0,115	0,063	0,038

ANEXO III



Acumulação de Cd nos tecidos vegetais

Tabela A4 - Resultados obtidos para as concentração de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz (mg Cd kg⁻¹ de peso seco)

	mg Cd kg ⁻¹ solo						mg Cd kg ⁻¹ solo					
	5	SE	15	SE	35	SE	5	SE	15	SE	35	SE
	Parte Aérea						Raiz					
<i>B. juncea</i>	32,52		60,86		172,75		118,82		124,73		265,02	
	22,23		63,54		193,17		86,4		129,69		240,08	
	19,85		63,39								259,36	
	24,87	6,7	62,60	1,5	182,96	15,0	102,61	22,9	127,21	3,5	254,82	13,1
<i>N. tabacum</i>	133,15		155,55		383,14		19,33		88,36		389,65	
	136,41		166,4		493,15		16,26		53,51		529,05	
					507,16		29,56				401,21	
	134,78	2,3	160,98	7,7	461,15	67,9	21,72	7,0	70,94	24,6	439,97	77,3
<i>S. nigrum</i>	195,88		323,15		580,88		78,44		557,54		912,40	
	211,34		371,56		497,26		81,11		523,47		773,14	
	201,19		452,97								1078,50	
	202,80	7,9	382,56	65,6	539,07	59,1	79,78	1,9	540,51	24,1	921,35	152,9

ANEXO IV

Peroxidação Lipídica



Tabela A5 - Resultados obtidos para a peroxidação lipídica (produção de malondialdeído, nmol por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *B. juncea*

<i>B. juncea</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	1,1854	2,8339	3,8799	2,5898
	1,3050	2,2283	4,0262	1,7720
	1,2700	1,5556	4,0381	1,9412
	1,1176			
média	1,22	2,20	3,98	2,10
SE	0,04	0,37	0,05	0,25
Raiz	0,2923	0,4166	0,6550	0,4976
	0,3331	0,3885	0,4250	0,4456
	0,2414	0,4437	0,5561	0,5644
	0,3408			
média	0,30	0,42	0,54	0,50
SE	0,02	0,02	0,07	0,03

Tabela A6 - Resultados obtidos para a peroxidação lipídica (produção de malondialdeído, nmol por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *N. tabacum*

<i>N. tabacum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	1,3947	1,8957	3,3106	2,0448
	1,3542	1,7414	3,0709	2,4591
	1,3718	1,6765	2,4875	1,8030
			3,3019	
média	1,37	1,77	3,04	2,10
SE	0,01	0,06	0,19	0,19
Raiz	0,8601	0,3197	0,7538	0,7571
	0,6050	0,3516	0,6580	0,6209
	0,6812		0,6746	0,5897
	0,6547		0,6685	
média	0,70	0,33	0,68	0,65
SE	0,05	0,01	0,02	0,05

Tabela A7 - Resultados obtidos para a peroxidação lipídica (produção de malondialdeído, nmol por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *S. nigrum*

<i>S. nigrum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	1,9389	1,6334	2,2043	2,1372
	1,3659	1,7655	1,9772	2,6328
				2,5734
média	1,65	1,70	2,09	2,45
SE	0,004	0,07	0,11	0,16
Raiz	0,5094	0,0617	0,4650	1,0466
	0,5195	0,1259	0,1821	0,9864
	0,3394		0,9641	0,7232
			0,9571	
média	0,46	0,09	0,64	0,92
SE	0,06	0,03	0,16	0,10

ANEXO V

Stress Oxidativo - Catalase



Tabela A8 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da CAT (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais da parte aérea e da raiz da planta *B. juncea*

<i>B. juncea</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	22,84	78,93	184,01	101,60
	27,79	90,46	176,66	95,71
	32,72	52,2		
média	27,78	73,86	180,34	98,66
SE	2,85	11,33	3,68	2,94
Raiz	13,12	10,23	22,88	24,94
	12,35	11,02	13,38	20,99
	13,79	18,70	14,36	32,30
	11,00			
	11,89			
média	12,43	10,66	13,41	20,39
SE	0,48	2,70	3,02	3,31

Tabela A9 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da CAT (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais da parte aérea e da raiz da planta *N. tabacum*

<i>N. tabacum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	69,4	76,64	95,39	132,14
	54,41	75,71	104,82	225,43
			116,99	
média	61,91	76,18	105,73	178,79
SE	7,49	0,46	6,25	46,64
Raiz	17,1	3,19	24,31	26,76
	13,6	6,36	20,1	27,21
	13,85	8,62	30,68	21,42
	15,63		27,06	
	19,12			
média	15,86	6,06	25,54	25,13
SE	1,03	1,57	2,23	1,86

Tabela A10 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da CAT (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais da parte aérea e da raiz da planta *S. nigrum*

<i>S. nigrum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	312,18	242,01	272,5	440,65
	307,62	231,84	378,86	511,91
	298,54	290,39	487,53	
	278,58			
média	299,23	195,58	379,63	476,28
SE	7,44	18,06	62,07	35,63
Raiz	16,85	14,52	35,14	67,62
	14,45	10,95	52,59	56,4
	19,01		40,82	56,99
média	16,77	9,08	33,42	46,16
SE	1,32	1,78	5,14	3,64

ANEXO VI

Stress Oxidativo - Ascorbato – Peroxidase



Tabela A11 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da APX (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *B. juncea*

<i>B. juncea</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	0,0134	0,0378	0,1185	0,0403
	0,0118	0,024	0,0843	0,0425
	0,0116			
	0,0076			
	média	0,010	0,030	0,100
SE	0,0012	0,0069	0,017	0,0011
Raiz	0,022	0,0183	0,057	0,0816
	0,0206	0,0176		0,0793
	0,0263	0,0218	0,0383	0,1198
	0,0263			
	média	0,020	0,020	0,048
SE	0,0015	0,0013	0,0094	0,0131

Tabela A12 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da APX (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais da parte aérea e da raiz da planta *N. tabacum*

<i>N. tabacum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	12,53	5,38	11,06	13,98
	11,35	8,61	15,53	19,16
	13,00		15,5	
	10,57			
	13,17			
média	12,12	7,00	14,03	16,57
SE	0,50	1,61	1,48	2,59
Raiz	5,17	2,35	12,72	15,93
	5,29	1,90	12,07	13,50
	5,36		11,24	
	5,03			
	5,48			
média	5,27	2,13	12,01	14,72
SE	0,07	0,22	0,42	1,21

Tabela A13 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da APX (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais da parte aérea e da raiz da planta *S. nigrum*

<i>S. nigrum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	3,55	5,01	9,43	10,58
	5,17	9,15	10,86	16,97
	4,3		8,32	
	5,97			
	média	4,75	7,08	9,54
SE	0,52	2,07	0,74	3,20
Raiz	1,67	1,03	2,8	2,33
	1,18	0,54	3,74	1,4
	1,13	0,8	3,87	1,69
			3,03	
	média	1,33	0,79	3,36
SE	0,17	0,14	0,26	0,27

ANEXO VII

Stress Oxidativo - Guaiacol – Peroxidase



Tabela A14 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da GPX (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *B. juncea*

<i>B. juncea</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	0,89	6,05	5,78	5,98
	0,6	5,37	7,33	6,09
	0,87		6,77	7,45
	0,97			
	média	0,83	5,71	6,63
SE	0,08	0,34	0,45	0,47
Raiz	9,41	14,13	16,92	17,9
	11,86	16,1	14,02	20,74
	11,01	18,44	19,69	24,93
	9,63			
	12,38			
	13,12			
média	11,24	16,22	16,88	21,19
SE	0,61	1,24	1,64	2,04

Tabela A15 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da GPX (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *N. tabacum*

<i>N. tabacum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	5,98	3,25	4,14	3,57
	3,49	2,49	4,84	3,80
	5,14	2,28	4,69	4,10
	2,48		3,43	
	2,80		7,72	
média	3,98	2,67	4,96	3,82
SE	0,68	0,29	0,31	0,15
Raiz	7,95	3,71	6,33	12,28
	6,02	2,74	8,24	8,05
	9,00		7,48	6,78
média	7,66	3,23	7,35	9,04
SE	0,87	0,48	0,55	

Tabela A16 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da GPX (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *S. nigrum*

<i>S. nigrum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	1,8	1,72	3,62	5,08
	1,32	2,3	2,29	6,39
	1,31	3,68	2,72	4,98
	1,44			
	0,85			
média	1,34	2,57	2,88	5,48
SE	0,15	0,58	0,39	0,45
Raiz	1,88	0,59	2,15	3,18
	0,42	0,82	1,03	2,35
	0,4	0,54	2,32	2,23
	1,15			
média	0,96	0,51	1,83	2,59
SE	0,35	0,09	0,40	0,30

ANEXO VIII

Stress Oxidativo - Superóxido – Dismutase



Tabela A17 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da SOD (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *B. juncea*

<i>B. juncea</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	29,55	33,31	24,01	22,64
	26,89	33,24	26,98	19,56
	23,73	32,43		
	23,51			
	média	26,72	32,99	25,50
SE	1,44	0,28	1,48	1,54
Raiz	29,43	19,16	27,61	22,04
	26,51	23,77	22,85	22,28
	28,97	24,47	25,05	25,09
	28,15			
	29,85			
média	28,58	22,47	25,17	23,14
SE	0,59	1,66	1,38	0,98

Tabela A18 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da SOD (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *N. tabacum*

<i>N. tabacum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	22,21	16,59	31,42	22,23
	27,46	15,48	31,81	25,29
	28,71	15,50	35,63	28,62
	30,08			
	média	27,12	15,86	32,95
SE	1,72	0,36	2,27	1,84
Raiz	24,36	20,24	24,73	31,28
	27,32	17,01	30,03	32,65
	27,13	24,73		
	média	26,27	20,66	27,38
SE	1,70	2,23	1,37	1,30

Tabela A19 - Resultados obtidos para a actividade enzimática da SOD (U por grama de peso fresco) nos tecidos vegetais na parte aérea e na raiz da planta *S. nigrum*

<i>S. nigrum</i>	mg Cd kg ⁻¹ solo			
	0	5	15	35
Parte aérea	27,59	32,84	39,46	24,54
	31,48	39,98	37,78	24,87
	32,75		35,87	36,59
média	30,61	36,41	37,70	28,67
SE	1,55	3,57	1,04	3,96
Raiz	23,08	23,2	27,23	32,66
	21,26	23,22	27,03	22,66
	22,35	22,72	29,56	20,69
média	22,23	23,05	27,94	25,34
SE	0,53	0,16	0,81	3,7

TRATAMENTO ESTATÍSTICO



ANEXO IX

Efeito do cádmio na produção de biomassa vegetal



Tabela A1 - ANOVA da produção de biomassa na parte aérea da *B. juncea*

ANOVA

BiomassaPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	89,708	3	29,903	9,846	,026
Within Groups	12,148	4	3,037		
Total	101,856	7			

Tabela A2 - Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaPA							
	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,340500	1,742709	,997	-7,43482	6,75382
		15	-8,194000*	1,742709	,031	-15,28832	-1,09988
		35	-1,263500	1,742709	,883	-8,35782	5,83082
	5	0	,340500	1,742709	,997	-6,75382	7,43482
		15	-7,853500*	1,742709	,036	-14,94782	-,75918
		35	-,923000	1,742709	,947	-8,01732	6,17132
	15	0	8,194000*	1,742709	,031	1,09968	15,28832
		5	7,853500*	1,742709	,038	,75918	14,94782
		35	6,930500	1,742709	,054	-,16382	14,02482
	35	0	1,263500	1,742709	,883	-5,83082	8,35782
		5	,923000	1,742709	,947	-6,17132	8,01732
		15	-6,930500	1,742709	,054	-14,02482	,16382
Scheffe	0	5	-,340500	1,742709	,998	-8,09000	7,40900
		15	-8,194000*	1,742709	,042	-15,94350	-,44450
		35	-1,263500	1,742709	,908	-9,01300	6,48600
	5	0	,340500	1,742709	,998	-7,40900	8,09000
		15	-7,853500*	1,742709	,048	-15,60300	-,10400
		35	-,923000	1,742709	,960	-8,67250	6,82650
	15	0	8,194000*	1,742709	,042	,44450	15,94350
		5	7,853500*	1,742709	,048	,10400	15,60300
		35	6,930500	1,742709	,071	-,81900	14,68000
	35	0	1,263500	1,742709	,908	-6,48600	9,01300
		5	,923000	1,742709	,960	-6,82650	8,67250
		15	-6,930500	1,742709	,071	-14,68000	,81900
LSD	0	5	-,340500	1,742709	,855	-5,17903	4,49803
		15	-8,194000*	1,742709	,009	-13,03253	-3,35547
		35	-1,263500	1,742709	,509	-6,10203	3,57503
	5	0	,340500	1,742709	,855	-4,49803	5,17903
		15	-7,853500*	1,742709	,011	-12,69203	-3,01497
		35	-,923000	1,742709	,624	-5,76153	3,91553
	15	0	8,194000*	1,742709	,009	3,35547	13,03253
		5	7,853500*	1,742709	,011	3,01497	12,69203
		35	6,930500*	1,742709	,016	2,09197	11,76903
	35	0	1,263500	1,742709	,509	-3,57503	6,10203
		5	,923000	1,742709	,624	-3,91553	5,76153
		15	-6,930500*	1,742709	,016	-11,76903	-2,09197

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A3 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,340500	1,742709	,997	-11,64414	10,96314
		15	-8,194000	1,742709	,031	-19,49764	3,10964
		35	-1,263500	1,742709	,883	-12,56714	10,04014
	5	0	,340500	1,742709	,997	-10,96314	11,64414
		15	-7,853500	1,742709	,036	-19,15714	3,45014
		35	-,923000	1,742709	,947	-12,22664	10,38064
	15	0	8,194000	1,742709	,031	-3,10964	19,49764
		5	7,853500	1,742709	,036	-3,45014	19,15714
		35	6,930500	1,742709	,054	-4,37314	18,23414
	35	0	1,263500	1,742709	,883	-10,04014	12,56714
		5	,923000	1,742709	,947	-10,38064	12,22664
		15	-6,930500	1,742709	,054	-18,23414	4,37314
Scheffe	0	5	-,340500	1,742709	,998	-12,67355	11,99255
		15	-8,194000	1,742709	,042	-20,52705	4,13905
		35	-1,263500	1,742709	,908	-13,59655	11,06955
	5	0	,340500	1,742709	,998	-11,99255	12,67355
		15	-7,853500	1,742709	,048	-20,18655	4,47955
		35	-,923000	1,742709	,960	-13,25605	11,41005
	15	0	8,194000	1,742709	,042	-4,13905	20,52705
		5	7,853500	1,742709	,048	-4,47955	20,18655
		35	6,930500	1,742709	,071	-5,40255	19,26355
	35	0	1,263500	1,742709	,908	-11,06955	13,59655
		5	,923000	1,742709	,960	-11,41005	13,25605
		15	-6,930500	1,742709	,071	-19,26355	5,40255
LSD	0	5	-,340500	1,742709	,855	-8,36410	7,68310
		15	-8,194000*	1,742709	,009	-16,21760	-,17040
		35	-1,263500	1,742709	,509	-9,28710	6,76010
	5	0	,340500	1,742709	,855	-7,68310	8,36410
		15	-7,853500	1,742709	,011	-15,87710	-,17010
		35	-,923000	1,742709	,624	-8,94660	7,10060
	15	0	8,194000*	1,742709	,009	,17040	16,21760
		5	7,853500	1,742709	,011	-,17010	15,87710
		35	6,930500	1,742709	,016	-1,09310	14,95410
	35	0	1,263500	1,742709	,509	-6,76010	9,28710
		5	,923000	1,742709	,624	-7,10060	8,94660
		15	-6,930500	1,742709	,016	-14,95410	1,09310

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A4 - ANOVA produção de biomassa na raiz da *B. juncea*

ANOVA

BiomassaR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20,737	3	6,912	25,781	,002
Within Groups	1,341	5	,268		
Total	22,077	8			

Tabela A5 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na raiz da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaR							
	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,349500	,517793	,902	-2,26011	1,56111
		15	-3,840500*	,517793	,003	-5,75111	-1,92989
		35	-,235333	,472678	,956	-1,97948	1,50881
	5	0	,349500	,517793	,902	-1,56111	2,26011
		15	-3,491000*	,517793	,004	-5,40161	-1,58039
		35	,114167	,472678	,994	-1,62998	1,85831
	15	0	3,840500*	,517793	,003	1,92989	5,75111
		5	3,491000*	,517793	,004	1,58039	5,40161
		35	3,605167*	,472678	,002	1,86102	5,34931
	35	0	,235333	,472678	,956	-1,50881	1,97948
		5	-,114167	,472678	,994	-1,85831	1,62998
		15	-3,605167*	,472678	,002	-5,34931	-1,86102
Scheffe	0	5	-,349500	,517793	,924	-2,43540	1,73640
		15	-3,840500*	,517793	,004	-5,92640	-1,75460
		35	-,235333	,472678	,967	-2,13949	1,66883
	5	0	,349500	,517793	,924	-1,73640	2,43540
		15	-3,491000*	,517793	,006	-5,57690	-1,40510
		35	,114167	,472678	,996	-1,78999	2,01833
	15	0	3,840500*	,517793	,004	1,75460	5,92640
		5	3,491000*	,517793	,006	1,40510	5,57690
		35	3,605167*	,472678	,003	1,70101	5,50933
	35	0	,235333	,472678	,967	-1,66883	2,13949
		5	-,114167	,472678	,996	-2,01833	1,78999
		15	-3,605167*	,472678	,003	-5,50933	-1,70101
LSD	0	5	-,349500	,517793	,530	-1,68053	,98153
		15	-3,840500*	,517793	,001	-5,17153	-2,50847
		35	-,235333	,472678	,640	-1,45039	,97973
	5	0	,349500	,517793	,530	-,98153	1,68053
		15	-3,491000*	,517793	,001	-4,82203	-2,15997
		35	,114167	,472678	,819	-1,10089	1,32923
	15	0	3,840500*	,517793	,001	2,50947	5,17153
		5	3,491000*	,517793	,001	2,15997	4,82203
		35	3,605167*	,472678	,001	2,39011	4,82023
	35	0	,235333	,472678	,640	-,97973	1,45039
		5	-,114167	,472678	,819	-1,32923	1,10089
		15	-3,605167*	,472678	,001	-4,82023	-2,39011

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A6 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na raiz da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,349500	,517793	,902	-3,20688	2,50788
		15	-3,840500*	,517793	,003	-6,69788	-,98312
		35	-,235333	,472676	,956	-2,84375	2,37308
	5	0	,349500	,517793	,902	-2,50788	3,20688
		15	-3,491000*	,517793	,004	-6,34838	-,63362
		35	,114167	,472676	,994	-2,49425	2,72258
	15	0	3,840500*	,517793	,003	,98312	6,69788
		5	3,491000*	,517793	,004	,63362	6,34838
		35	3,605167*	,472678	,002	,99675	6,21358
	35	0	,235333	,472678	,956	-2,37308	2,84375
		5	-,114167	,472678	,994	-2,72258	2,49425
		15	-3,605167*	,472678	,002	-6,21358	-,99675
Scheffe	0	5	-,349500	,517793	,924	-3,46401	2,76501
		15	-3,840500*	,517793	,004	-6,95501	-,72599
		35	-,235333	,472678	,967	-3,07848	2,60781
	5	0	,349500	,517793	,924	-2,76501	3,46401
		15	-3,491000*	,517793	,006	-6,60551	-,37649
		35	,114167	,472678	,996	-2,72898	2,95731
	15	0	3,840500*	,517793	,004	,72599	6,95501
		5	3,491000*	,517793	,006	,37649	6,60551
		35	3,605167*	,472678	,003	,76202	6,44831
	35	0	,235333	,472678	,967	-2,60781	3,07848
		5	-,114167	,472678	,996	-2,95731	2,72898
		15	-3,605167*	,472678	,003	-6,44831	-,76202
LSD	0	5	-,349500	,517793	,530	-2,43732	1,73832
		15	-3,840500*	,517793	,001	-5,92832	-1,75268
		35	-,235333	,472678	,640	-2,14124	1,67057
	5	0	,349500	,517793	,530	-1,73832	2,43732
		15	-3,491000*	,517793	,001	-5,57882	-1,40318
		35	,114167	,472678	,819	-1,79174	2,02007
	15	0	3,840500*	,517793	,001	1,75268	5,92832
		5	3,491000*	,517793	,001	1,40318	5,57882
		35	3,605167*	,472678	,001	1,69926	5,51107
	35	0	,235333	,472678	,640	-1,67057	2,14124
		5	-,114167	,472678	,819	-2,02007	1,79174
		15	-3,605167*	,472678	,001	-5,51107	-1,69926

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A7 - ANOVA produção de biomassa na parte aérea da *N. tabacum*

ANOVA

BiomassaPA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22,097	3	7,366	10,561	,005
Within Groups	4,882	7	,697		
Total	26,980	10			

Tabela A8 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,684333	,762378	,807	-3,20793	1,83926
		15	-3,422000*	,762378	,012	-5,94559	-,89841
		35	-,098667	,762378	,999	-2,62226	2,42493
	5	0	,684333	,762378	,807	-1,83926	3,20793
		15	-2,737667*	,681892	,021	-4,99484	-,48050
		35	,585667	,681892	,825	-1,67150	2,84284
	15	0	3,422000*	,762378	,012	,89841	5,94559
		5	2,737667*	,681892	,021	,48050	4,99484
		35	3,323333*	,681892	,008	1,06616	5,58050
	35	0	,098667	,762378	,999	-2,42493	2,62226
		5	-,585667	,681892	,825	-2,84284	1,67150
		15	-3,323333*	,681892	,008	-5,58050	-1,06616
Scheffe	0	5	-,684333	,762378	,846	-3,43740	2,06874
		15	-3,422000*	,762378	,018	-6,17507	-,66893
		35	-,098667	,762378	,999	-2,85174	2,65440
	5	0	,684333	,762378	,846	-2,06874	3,43740
		15	-2,737667*	,681892	,031	-5,20009	-,27525
		35	,585667	,681892	,862	-1,87675	3,04809
	15	0	3,422000*	,762378	,018	,66893	6,17507
		5	2,737667*	,681892	,031	,27525	5,20009
		35	3,323333*	,681892	,012	,86091	5,78575
	35	0	,098667	,762378	,999	-2,65440	2,85174
		5	-,585667	,681892	,862	-3,04809	1,87675
		15	-3,323333*	,681892	,012	-5,78575	-,86091
LSD	0	5	-,684333	,762378	,399	-2,48707	1,11840
		15	-3,422000*	,762378	,003	-5,22474	-1,61926
		35	-,098667	,762378	,901	-1,90140	1,70407
	5	0	,684333	,762378	,399	-1,11840	2,48707
		15	-2,737667*	,681892	,005	-4,35008	-1,12525
		35	,585667	,681892	,419	-1,02675	2,19808
	15	0	3,422000*	,762378	,003	1,61926	5,22474
		5	2,737667*	,681892	,005	1,12525	4,35008
		35	3,323333*	,681892	,002	1,71092	4,93575
	35	0	,098667	,762378	,901	-1,70407	1,90140
		5	-,585667	,681892	,419	-2,19808	1,02675
		15	-3,323333*	,681892	,002	-4,93575	-1,71092

*. The mean difference is significant at the .05 level.



Tabela A9 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,684333	,762378	,807	-4,21125	2,84258
		15	-3,422000	,762378	,012	-6,94892	,10492
		35	-,098667	,762378	,999	-3,62558	3,42825
	5	0	,684333	,762378	,807	-2,84258	4,21125
		15	-2,737667	,681892	,021	-5,89224	,41690
		35	,585667	,681892	,825	-2,56890	3,74024
	15	0	3,422000	,762378	,012	-,10492	6,94892
		5	2,737667	,681892	,021	-,41690	5,89224
		35	3,323333*	,681892	,008	,16876	6,47790
	35	0	,098667	,762378	,999	-3,42825	3,62558
		5	-,585667	,681892	,825	-3,74024	2,56890
		15	-3,323333*	,681892	,008	-6,47790	-,16876
Scheffe	0	5	-,684333	,762378	,846	-4,52311	3,15444
		15	-3,422000	,762378	,018	-7,26077	,41677
		35	-,098667	,762378	,999	-3,93744	3,74011
	5	0	,684333	,762378	,846	-3,15444	4,52311
		15	-2,737667	,681892	,031	-6,17117	,69584
		35	,585667	,681892	,862	-2,84784	4,01917
	15	0	3,422000	,762378	,018	-,41677	7,26077
		5	2,737667	,681892	,031	-,69584	6,17117
		35	3,323333	,681892	,012	-,11017	6,75684
	35	0	,098667	,762378	,999	-3,74011	3,93744
		5	-,585667	,681892	,862	-4,01917	2,84784
		15	-3,323333	,681892	,012	-6,75684	,11017
LSD	0	5	-,684333	,762378	,399	-3,35226	1,98360
		15	-3,422000*	,762378	,003	-6,08993	-,75407
		35	-,098667	,762378	,901	-2,76660	2,56926
	5	0	,684333	,762378	,399	-1,98360	3,35226
		15	-2,737667*	,681892	,005	-5,12393	-,35140
		35	,585667	,681892	,419	-1,80060	2,97193
	15	0	3,422000*	,762378	,003	,75407	6,08993
		5	2,737667*	,681892	,005	,35140	5,12393
		35	3,323333*	,681892	,002	,93707	5,70960
	35	0	,098667	,762378	,901	-2,56926	2,76660
		5	-,585667	,681892	,419	-2,97193	1,80060
		15	-3,323333*	,681892	,002	-5,70960	-,93707

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A10 - ANOVA produção de biomassa na raiz da *N. tabacum*

ANOVA

BiomassaR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,166	3	,055	44,195	,001
Within Groups	,006	5	,001		
Total	,173	8			

Tabela A11 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na raiz da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaR							
	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,008167	,032335	,994	-,12748	,11115
		15	-,287500*	,035421	,002	-,41820	-,15680
		35	,097500	,035421	,132	-,03320	,22820
	5	0	,008167	,032335	,994	-,11115	,12748
		15	-,279333*	,032335	,001	-,39865	-,16002
		35	,105667	,032335	,077	-,01365	,22498
	15	0	,287500*	,035421	,002	,15680	,41820
		5	,279333*	,032335	,001	,16002	,39865
		35	,385000*	,035421	,000	,25430	,51570
	35	0	-,097500	,035421	,132	-,22820	,03320
		5	-,105667	,032335	,077	-,22498	,01365
		15	-,385000*	,035421	,000	-,51570	-,25430
Scheffe	0	5	-,008167	,032335	,995	-,13842	,12209
		15	-,287500*	,035421	,003	-,43019	-,14481
		35	,097500	,035421	,171	-,04519	,24019
	5	0	,008167	,032335	,995	-,12209	,13842
		15	-,279333*	,032335	,002	-,40959	-,14908
		35	,105667	,032335	,103	-,02459	,23592
	15	0	,287500*	,035421	,003	,14481	,43019
		5	,279333*	,032335	,002	,14908	,40959
		35	,385000*	,035421	,001	,24231	,52769
	35	0	-,097500	,035421	,171	-,24019	,04519
		5	-,105667	,032335	,103	-,23592	,02459
		15	-,385000*	,035421	,001	-,52769	-,24231
LSD	0	5	-,008167	,032335	,811	-,09129	,07495
		15	-,287500*	,035421	,000	-,37855	-,19645
		35	,097500*	,035421	,040	,00645	,18855
	5	0	,008167	,032335	,811	-,07495	,09129
		15	-,279333*	,032335	,000	-,36245	-,19621
		35	,105667*	,032335	,022	,02255	,18879
	15	0	,287500*	,035421	,000	,19645	,37855
		5	,279333*	,032335	,000	,19621	,36245
		35	,385000*	,035421	,000	,29395	,47605
	35	0	-,097500*	,035421	,040	-,18855	-,00845
		5	-,105667*	,032335	,022	-,18879	-,02255
		15	-,385000*	,035421	,000	-,47605	-,29395

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A12 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na raiz da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,008167	,032335	,994	-,18660	,17027
		15	-,287500*	,035421	,002	-,48297	-,09203
		35	,097500	,035421	,132	-,09797	,29297
	5	0	,008167	,032335	,994	-,17027	,18660
		15	-,279333*	,032335	,001	-,45777	-,10090
		35	,105667	,032335	,077	-,07277	,28410
	15	0	,287500*	,035421	,002	,09203	,48297
		5	,279333*	,032335	,001	,10090	,45777
		35	,385000*	,035421	,000	,18953	,58047
	35	0	-,097500	,035421	,132	-,29297	,09797
		5	-,105667	,032335	,077	-,28410	,07277
		15	-,385000*	,035421	,000	-,58047	-,18953
Scheffe	0	5	-,008167	,032335	,995	-,20266	,18633
		15	-,287500*	,035421	,003	-,50056	-,07444
		35	,097500	,035421	,171	-,11556	,31056
	5	0	,008167	,032335	,995	-,18633	,20266
		15	-,279333*	,032335	,002	-,47383	-,08484
		35	,105667	,032335	,103	-,08883	,30016
	15	0	,287500*	,035421	,003	,07444	,50056
		5	,279333*	,032335	,002	,08484	,47383
		35	,385000*	,035421	,001	,17194	,59806
	35	0	-,097500	,035421	,171	-,31056	,11556
		5	-,105667	,032335	,103	-,30016	,08883
		15	-,385000*	,035421	,001	-,59806	-,17194
LSD	0	5	-,008167	,032335	,811	-,13854	,12221
		15	-,287500*	,035421	,000	-,43032	-,14468
		35	,097500	,035421	,040	-,04532	,24032
	5	0	,008167	,032335	,811	-,12221	,13854
		15	-,279333*	,032335	,000	-,40971	-,14896
		35	,105667	,032335	,022	-,02471	,23604
	15	0	,287500*	,035421	,000	,14468	,43032
		5	,279333*	,032335	,000	,14896	,40971
		35	,385000*	,035421	,000	,24218	,52782
	35	0	-,097500	,035421	,040	-,24032	,04532
		5	-,105667	,032335	,022	-,23604	,02471
		15	-,385000*	,035421	,000	-,52782	-,24218

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A13 - ANOVA produção de biomassa na parte aérea da *S. nigrum*

ANOVA

BiomassaPA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2,644	3	,881	15,566	,001
Within Groups	,453	8	,057		
Total	3,097	11			

Tabela A14 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	1,047333*	,194290	,003	,42515	1,66952
		15	,871000*	,194290	,009	,24882	1,49318
		35	1,219667*	,194290	,001	,59748	1,84185
	5	0	-1,047333*	,194290	,003	-1,66952	-,42515
		15	-,176333	,194290	,802	-,79852	,44585
		35	,172333	,194290	,812	-,44985	,79452
	15	0	-,871000*	,194290	,009	-1,49318	-,24882
		5	,176333	,194290	,802	-,44585	,79852
		35	,348667	,194290	,342	-,27352	,97085
	35	0	-1,219667*	,194290	,001	-1,84185	-,59748
		5	-,172333	,194290	,812	-,79452	,44985
		15	-,348667	,194290	,342	-,97085	,27352
Scheffe	0	5	1,047333*	,194290	,005	,36875	1,72592
		15	,871000*	,194290	,014	,19242	1,54958
		35	1,219667*	,194290	,002	,54108	1,89825
	5	0	-1,047333*	,194290	,005	-1,72592	-,36875
		15	-,176333	,194290	,842	-,85492	,50225
		35	,172333	,194290	,851	-,50625	,85092
	15	0	-,871000*	,194290	,014	-1,54958	-,19242
		5	,176333	,194290	,842	-,50225	,85492
		35	,348667	,194290	,413	-,32992	1,02725
	35	0	-1,219667*	,194290	,002	-1,89825	-,54108
		5	-,172333	,194290	,851	-,85092	,50625
		15	-,348667	,194290	,413	-1,02725	,32992
LSD	0	5	1,047333*	,194290	,001	,59930	1,49537
		15	,871000*	,194290	,002	,42297	1,31903
		35	1,219667*	,194290	,000	,77163	1,66770
	5	0	-1,047333*	,194290	,001	-1,49537	-,59930
		15	-,176333	,194290	,391	-,62437	,27170
		35	,172333	,194290	,401	-,27570	,62037
	15	0	-,871000*	,194290	,002	-1,31903	-,42297
		5	,176333	,194290	,391	-,27170	,62437
		35	,348667	,194290	,110	-,09937	,79670
	35	0	-1,219667*	,194290	,000	-1,66770	-,77163
		5	-,172333	,194290	,401	-,62037	,27570
		15	-,348667	,194290	,110	-,79670	,09937

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A15 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	1,047333*	,194290	,003	,19503	1,89964
		15	,871000*	,194290	,009	,01869	1,72331
		35	1,219667*	,194290	,001	,36736	2,07197
	5	0	-1,047333*	,194290	,003	-1,89964	-,19503
		15	-,176333	,194290	,802	-1,02864	,67597
		35	,172333	,194290	,812	-,67997	1,02464
	15	0	-,871000*	,194290	,009	-1,72331	-,01869
		5	,176333	,194290	,802	-,67597	1,02864
		35	,348667	,194290	,342	-,50364	1,20097
	35	0	-1,219667*	,194290	,001	-2,07197	-,36736
		5	-,172333	,194290	,812	-1,02464	,67997
		15	-,348667	,194290	,342	-1,20097	,50364
Scheffe	0	5	1,047333*	,194290	,005	,12016	1,97450
		15	,871000	,194290	,014	-,05617	1,79817
		35	1,219667*	,194290	,002	,29250	2,14684
	5	0	-1,047333*	,194290	,005	-1,97450	-,12016
		15	-,176333	,194290	,842	-1,10350	,75084
		35	,172333	,194290	,851	-,75484	1,09950
	15	0	-,871000	,194290	,014	-1,79817	,05617
		5	,176333	,194290	,842	-,75084	1,10350
		35	,348667	,194290	,413	-,57850	1,27584
	35	0	-1,219667*	,194290	,002	-2,14684	-,29250
		5	-,172333	,194290	,851	-1,09950	,75484
		15	-,348667	,194290	,413	-1,27584	,57850
LSD	0	5	1,047333*	,194290	,001	,39542	1,69825
		15	,871000*	,194290	,002	,21908	1,52292
		35	1,219667*	,194290	,000	,56775	1,87158
	5	0	-1,047333*	,194290	,001	-1,69825	-,39542
		15	-,176333	,194290	,391	-,82825	,47558
		35	,172333	,194290	,401	-,47958	,82425
	15	0	-,871000*	,194290	,002	-1,52292	-,21908
		5	,176333	,194290	,391	-,47558	,82825
		35	,348667	,194290	,110	-,30325	1,00058
	35	0	-1,219667*	,194290	,000	-1,87158	-,56775
		5	-,172333	,194290	,401	-,82425	,47958
		15	-,348667	,194290	,110	-1,00058	,30325

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A16 - ANOVA produção de biomassa na raiz da *S. nigrum*

ANOVA

BiomassaR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,304	3	,101	5,710	,034
Within Groups	,107	6	,018		
Total	,411	9			

Tabela A17 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na raiz da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaR							
	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,223000	,121627	,345	-,19804	,64404
		15	,118333	,121627	,769	-,30271	,53937
		35	,518500*	,133236	,031	,05728	,97972
	5	0	-,223000	,121627	,345	-,64404	,19804
		15	-,104667	,108787	,775	-,48126	,27192
		35	,295500	,121627	,171	-,12554	,71654
	15	0	-,118333	,121627	,769	-,53937	,30271
		5	,104667	,108787	,775	-,27192	,48126
		35	,400167	,121627	,061	-,02087	,82121
	35	0	-,518500*	,133236	,031	-,97972	-,05728
		5	-,295500	,121627	,171	-,71654	,12554
		15	-,400167	,121627	,061	-,82121	,02087
Scheffe	0	5	,223000	,121627	,412	-,23647	,68247
		15	,118333	,121627	,814	-,34114	,57781
		35	,518500*	,133236	,044	,01517	1,02183
	5	0	-,223000	,121627	,412	-,68247	,23647
		15	-,104667	,108787	,819	-,51563	,30630
		35	,295500	,121627	,220	-,16397	,75497
	15	0	-,118333	,121627	,814	-,57781	,34114
		5	,104667	,108787	,819	-,30630	,51563
		35	,400167	,121627	,085	-,05931	,85964
	35	0	-,518500*	,133236	,044	-1,02183	-,01517
		5	-,295500	,121627	,220	-,75497	,16397
		15	-,400167	,121627	,085	-,85964	,05931
LSD	0	5	,223000	,121627	,116	-,07461	,52061
		15	,118333	,121627	,368	-,17928	,41594
		35	,518500*	,133238	,008	,19248	,84452
	5	0	-,223000	,121627	,116	-,52061	,07461
		15	-,104667	,108787	,373	-,37086	,16153
		35	,295500	,121627	,051	-,00211	,59311
	15	0	-,118333	,121627	,368	-,41594	,17928
		5	,104667	,108787	,373	-,16153	,37086
		35	,400167*	,121627	,017	,10256	,69778
	35	0	-,518500*	,133236	,008	-,84452	-,19248
		5	-,295500	,121627	,051	-,59311	,00211
		15	-,400167*	,121627	,017	-,69778	-,10256

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A18 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na produção de biomassa, na raiz da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: BiomassaR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,223000	,121627	,345	-,38189	,82789
		15	,118333	,121627	,769	-,48655	,72322
		35	,518500	,133236	,031	-,14412	1,18112
	5	0	-,223000	,121627	,345	-,82789	,38189
		15	-,104667	,108787	,775	-,64569	,43636
		35	,295500	,121627	,171	-,30939	,90039
	15	0	-,118333	,121627	,769	-,72322	,48655
		5	,104667	,108787	,775	-,43636	,64569
		35	,400167	,121627	,061	-,20472	1,00505
	35	0	-,518500	,133236	,031	-1,18112	,14412
		5	-,295500	,121627	,171	-,90039	,30939
		15	-,400167	,121627	,061	-1,00505	,20472
Scheffe	0	5	,223000	,121627	,412	-,43580	,88180
		15	,118333	,121627	,814	-,54046	,77713
		35	,518500	,133236	,044	-,20318	1,24018
	5	0	-,223000	,121627	,412	-,88180	,43580
		15	-,104667	,108787	,819	-,69391	,48458
		35	,295500	,121627	,220	-,36330	,95430
	15	0	-,118333	,121627	,814	-,77713	,54046
		5	,104667	,108787	,819	-,48458	,69391
		35	,400167	,121627	,085	-,25863	1,05896
	35	0	-,518500	,133236	,044	-1,24018	,20318
		5	-,295500	,121627	,220	-,95430	,36330
		15	-,400167	,121627	,085	-1,05896	,25863
LSD	0	5	,223000	,121627	,116	-,22792	,67392
		15	,118333	,121627	,368	-,33259	,56926
		35	,518500*	,133236	,008	,02454	1,01246
	5	0	-,223000	,121627	,116	-,67392	,22792
		15	-,104667	,108787	,373	-,50799	,29865
		35	,295500	,121627	,051	-,15542	,74642
	15	0	-,118333	,121627	,368	-,56926	,33259
		5	,104667	,108787	,373	-,29865	,50799
		35	,400167	,121627	,017	-,05076	,85109
	35	0	-,518500*	,133236	,008	-1,01246	-,02454
		5	-,295500	,121627	,051	-,74642	,15542
		15	-,400167	,121627	,017	-,85109	,05076

*. The mean difference is significant at the .01 level.

ANEXO X

Acumulação de Cd nos tecidos vegetais



Tabela A19 - ANOVA das concentrações de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea*

ANOVA

ConcCdPlantaPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31212,123	2	15606,061	256,919	,000
Within Groups	303,716	5	60,743		
Total	31515,838	7			

Tabela A20 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaPA

	(I) ConcCdSoloPA	(J) ConcCdSoloPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-37,73000*	6,36360	,005	-58,4366	-17,0234
		35	-158,09333*	7,11473	,000	-181,2440	-134,9426
	15	5	37,73000*	6,36360	,005	17,0234	58,4366
		35	-120,36333*	7,11473	,000	-143,5140	-97,2126
	35	5	158,09333*	7,11473	,000	134,9426	181,2440
		15	120,36333*	7,11473	,000	97,2126	143,5140
Scheffe	5	15	-37,73000*	6,36360	,005	-59,3777	-16,0823
		35	-158,09333*	7,11473	,000	-182,2962	-133,8904
	15	5	37,73000*	6,36360	,005	16,0823	59,3777
		35	-120,36333*	7,11473	,000	-144,5662	-96,1604
	35	5	158,09333*	7,11473	,000	133,8904	182,2962
		15	120,36333*	7,11473	,000	96,1604	144,5662
LSD	5	15	-37,73000*	6,36360	,002	-54,0882	-21,3718
		35	-158,09333*	7,11473	,000	-176,3823	-139,8043
	15	5	37,73000*	6,36360	,002	21,3718	54,0882
		35	-120,36333*	7,11473	,000	-138,6523	-102,0743
	35	5	158,09333*	7,11473	,000	139,8043	176,3823
		15	120,36333*	7,11473	,000	102,0743	138,6523

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A21 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaPA

	(I) ConcCdSoloPA	(J) ConcCdSoloPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-37,73000*	6,36360	,005	-69,1191	-6,3409
		35	-158,09333*	7,11473	,000	-193,1874	-122,9993
	15	5	37,73000*	6,36360	,005	6,3409	69,1191
		35	-120,36333*	7,11473	,000	-155,4574	-85,2693
	35	5	158,09333*	7,11473	,000	122,9993	193,1874
		15	120,36333*	7,11473	,000	85,2693	155,4574
Scheffe	5	15	-37,73000*	6,36360	,005	-70,5182	-4,9418
		35	-158,09333*	7,11473	,000	-194,7517	-121,4350
	15	5	37,73000*	6,36360	,005	4,9418	70,5182
		35	-120,36333*	7,11473	,000	-157,0217	-83,7050
	35	5	158,09333*	7,11473	,000	121,4350	194,7517
		15	120,36333*	7,11473	,000	83,7050	157,0217
LSD	5	15	-37,73000*	6,36360	,002	-63,3890	-12,0710
		35	-158,09333*	7,11473	,000	-186,7809	-129,4057
	15	5	37,73000*	6,36360	,002	12,0710	63,3890
		35	-120,36333*	7,11473	,000	-149,0509	-91,8757
	35	5	158,09333*	7,11473	,000	129,4057	186,7809
		15	120,36333*	7,11473	,000	91,8757	149,0509

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A22 - ANOVA das concentração de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea*

ANOVA

ConcCdPlantaR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34161,974	2	17080,987	77,663	,001
Within Groups	879,748	4	219,937		
Total	35041,722	6			

Tabela A23 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaR

	(I) ConcCdSoloR	(J) ConcCdSoloR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-24,60000	14,83027	,325	-77,4549	28,2549
		35	-152,21000*	13,53813	,001	-200,4597	-103,9603
	15	5	24,60000	14,83027	,325	-28,2549	77,4549
		35	-127,61000*	13,53813	,002	-175,8597	-79,3603
	35	5	152,21000*	13,53813	,001	103,9603	200,4597
		15	127,61000*	13,53813	,002	79,3603	175,8597
Scheffe	5	15	-24,60000	14,83027	,351	-79,8685	30,6685
		35	-152,21000*	13,53813	,001	-202,6630	-101,7570
	15	5	24,60000	14,83027	,351	-30,6685	79,8685
		35	-127,61000*	13,53813	,002	-178,0630	-77,1570
	35	5	152,21000*	13,53813	,001	101,7570	202,6630
		15	127,61000*	13,53813	,002	77,1570	178,0630
LSD	5	15	-24,60000	14,83027	,173	-65,7754	16,5754
		35	-152,21000*	13,53813	,000	-189,7979	-114,6221
	15	5	24,60000	14,83027	,173	-16,5754	65,7754
		35	-127,61000*	13,53813	,001	-165,1979	-90,0221
	35	5	152,21000*	13,53813	,000	114,6221	189,7979
		15	127,61000*	13,53813	,001	90,0221	165,1979

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A24 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaR

	(I) ConcCdSoloR	(J) ConcCdSoloR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-24,60000	14,83027	,325	-109,7490	60,5490
		35	-152,21000*	13,53813	,001	-229,9400	-74,4800
	15	5	24,60000	14,83027	,325	-60,5490	109,7490
		35	-127,61000*	13,53813	,002	-205,3400	-49,8800
	35	5	152,21000*	13,53813	,001	74,4800	229,9400
		15	127,61000*	13,53813	,002	49,8800	205,3400
Scheffe	5	15	-24,60000	14,83027	,351	-113,5816	64,3816
		35	-152,21000*	13,53813	,001	-233,4388	-70,9812
	15	5	24,60000	14,83027	,351	-64,3816	113,5816
		35	-127,61000*	13,53813	,002	-208,8388	-46,3812
	35	5	152,21000*	13,53813	,001	70,9812	233,4388
		15	127,61000*	13,53813	,002	46,3812	208,8388
LSD	5	15	-24,60000	14,83027	,173	-92,8800	43,6800
		35	-152,21000*	13,53813	,000	-214,5408	-89,8792
	15	5	24,60000	14,83027	,173	-43,6800	92,8800
		35	-127,61000*	13,53813	,001	-189,9408	-65,2792
	35	5	152,21000*	13,53813	,000	89,8792	214,5408
		15	127,61000*	13,53813	,001	65,2792	189,9408

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A25 - ANOVA das concentração de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum*

ANOVA

ConcCdPlantaPA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	168925,6	2	84462,797	36,365	,003
Within Groups	9290,655	4	2322,664		
Total	178216,2	6			

Tabela A26 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaPA

	(I) ConcCdsoloPA	(J) ConcCdsoloPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-26,19500	48,19402	,855	-197,9580	145,5680
		35	-326,37000*	43,99492	,004	-483,1674	-169,5726
	15	5	26,19500	48,19402	,855	-145,5680	197,9580
		35	-300,17500*	43,99492	,005	-456,9724	-143,3776
	35	5	326,37000*	43,99492	,004	169,5726	483,1674
		15	300,17500*	43,99492	,005	143,3776	456,9724
Scheffe	5	15	-26,19500	48,19402	,867	-205,8013	153,4113
		35	-326,37000*	43,99492	,005	-490,3274	-162,4126
	15	5	26,19500	48,19402	,867	-153,4113	205,8013
		35	-300,17500*	43,99492	,006	-464,1324	-136,2176
	35	5	326,37000*	43,99492	,005	162,4126	490,3274
		15	300,17500*	43,99492	,006	136,2176	464,1324
LSD	5	15	-26,19500	48,19402	,616	-160,0031	107,6131
		35	-326,37000*	43,99492	,002	-448,5195	-204,2205
	15	5	26,19500	48,19402	,616	-107,6131	160,0031
		35	-300,17500*	43,99492	,002	-422,3245	-178,0255
	35	5	326,37000*	43,99492	,002	204,2205	448,5195
		15	300,17500*	43,99492	,002	178,0255	422,3245

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A27 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaPA

	(I) ConcCdsoloPA	(J) ConcCdsoloPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-26,19500	48,19402	,855	-302,9041	250,5141
		35	-326,37000*	43,99492	,004	-578,9697	-73,7703
	15	5	26,19500	48,19402	,855	-250,5141	302,9041
		35	-300,17500*	43,99492	,005	-552,7747	-47,5753
Scheffe	5	15	-26,19500	48,19402	,867	-315,3591	262,9691
		35	-326,37000*	43,99492	,005	-590,3395	-62,4005
	15	5	26,19500	48,19402	,867	-262,9691	315,3591
		35	-300,17500*	43,99492	,006	-564,1445	-36,2055
LSD	5	15	-26,19500	48,19402	,616	-248,0849	195,6949
		35	-326,37000*	43,99492	,002	-528,9268	-123,8132
	15	5	26,19500	48,19402	,616	-195,6949	248,0849
		35	-300,17500*	43,99492	,002	-502,7318	-97,6182
	35	5	326,37000*	43,99492	,002	123,6132	528,9268
		15	300,17500*	43,99492	,002	97,6182	502,7318

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A28 - ANOVA das concentração de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum*

ANOVA

ConcCdPlantaR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	300759,8	2	150379,894	59,326	,000
Within Groups	12673,937	5	2534,787		
Total	313433,7	7			

Tabela A29 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaR

	(I) ConcCdsoloR	(J) ConcCdsoloR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-49,21833	45,96001	,570	-198,7682	100,3315
		35	-418,25333*	41,10789	,000	-552,0148	-284,4919
	15	5	49,21833	45,96001	,570	-100,3315	198,7682
		35	-369,03500*	45,96001	,001	-518,5848	-219,4852
Scheffe	5	15	-49,21833	45,96001	,597	-205,5653	107,1286
		35	-418,25333*	41,10789	,000	-558,0943	-278,4124
	15	5	49,21833	45,96001	,597	-107,1286	205,5653
		35	-369,03500*	45,96001	,001	-525,3820	-212,6880
LSD	5	15	-49,21833	45,96001	,333	-167,3623	68,9256
		35	-418,25333*	41,10789	,000	-523,9245	-312,5821
	15	5	49,21833	45,96001	,333	-68,9256	167,3623
		35	-369,03500*	45,96001	,000	-487,1790	-250,8910
	35	5	418,25333*	41,10789	,000	312,5821	523,9245
		15	369,03500*	45,96001	,000	250,8910	487,1790

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A30 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaR

	(I) ConcCdsoloR	(J) ConcCdsoloR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-49,21833	45,96001	,570	-275,9204	177,4837
		35	-418,25333*	41,10789	,000	-621,0218	-215,4849
	15	5	49,21833	45,96001	,570	-177,4837	275,9204
		35	-369,03500*	45,96001	,001	-595,7370	-142,3330
	35	5	418,25333*	41,10789	,000	215,4849	621,0218
		15	369,03500*	45,96001	,001	142,3330	595,7370
Scheffe	5	15	-49,21833	45,96001	,597	-286,0256	187,5889
		35	-418,25333*	41,10789	,000	-630,0602	-208,4465
	15	5	49,21833	45,96001	,597	-187,5889	286,0256
		35	-369,03500*	45,96001	,001	-605,8422	-132,2278
	35	5	418,25333*	41,10789	,000	206,4465	630,0602
		15	369,03500*	45,96001	,001	132,2278	605,8422
LSD	5	15	-49,21833	45,96001	,333	-234,5357	136,0990
		35	-418,25333*	41,10789	,000	-584,0662	-252,5005
	15	5	49,21833	45,96001	,333	-136,0990	234,5357
		35	-369,03500*	45,96001	,000	-554,3523	-183,7177
	35	5	418,25333*	41,10789	,000	252,5005	584,0662
		15	369,03500*	45,96001	,000	183,7177	554,3523

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A31 - ANOVA das concentração de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum*

ANOVA

ConcCdPlantaPA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	139529,5	2	69764,753	28,527	,002
Within Groups	12227,678	5	2445,536		
Total	151757,2	7			

Tabela A32 - Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaPA

	(I) ConcCdsoloPA	(J) ConcCdsoloPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-179,75667*	40,37768	,015	-311,1421	-48,3713
		35	-336,26667*	45,14362	,002	-483,1600	-189,3733
	15	5	179,75667*	40,37768	,015	48,3713	311,1421
		35	-156,51000*	45,14362	,040	-303,4034	-9,6166
	35	5	336,26667*	45,14362	,002	189,3733	483,1600
		15	156,51000*	45,14362	,040	9,6166	303,4034
Scheffe	5	15	-179,75667*	40,37768	,018	-317,1136	-42,3997
		35	-336,26667*	45,14362	,002	-489,8364	-182,6969
	15	5	179,75667*	40,37768	,018	42,3997	317,1136
		35	-156,51000*	45,14362	,047	-310,0797	-2,9403
	35	5	336,26667*	45,14362	,002	182,6969	489,8364
		15	156,51000*	45,14362	,047	2,9403	310,0797
LSD	5	15	-179,75667*	40,37768	,007	-283,5508	-75,9625
		35	-336,26667*	45,14362	,001	-452,3120	-220,2213
	15	5	179,75667*	40,37768	,007	75,9625	283,5508
		35	-156,51000*	45,14362	,018	-272,5554	-40,4646
	35	5	336,26667*	45,14362	,001	220,2213	452,3120
		15	156,51000*	45,14362	,018	40,4646	272,5554

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A33 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaPA

	(I) ConcCdsoloPA	(J) ConcCdsoloPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-179,75667	40,37768	,015	-378,9233	19,4100
		35	-336,26667*	45,14362	,002	-558,9418	-113,5916
	15	5	179,75667	40,37768	,015	-19,4100	378,9233
		35	-156,51000	45,14362	,040	-379,1851	66,1651
Scheffe	5	15	-179,75667	40,37768	,018	-387,8011	28,2878
		35	-336,26667*	45,14362	,002	-568,8675	-103,6659
	15	5	179,75667	40,37768	,018	-28,2878	387,8011
		35	-156,51000	45,14362	,047	-389,1108	76,0908
LSD	5	15	-179,75667*	40,37768	,007	-342,5653	-16,9481
		35	-336,26667*	45,14362	,001	-518,2922	-154,2411
	15	5	179,75667*	40,37768	,007	16,9481	342,5653
		35	-156,51000	45,14362	,018	-338,5355	25,5155
	35	5	336,26667*	45,14362	,001	154,2411	518,2922
		15	156,51000	45,14362	,018	-25,5155	338,5355

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A34 - ANOVA das concentração de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum*

ANOVA

ConcCdPlantaR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	852684,0	2	426342,000	36,034	,003
Within Groups	47328,376	4	11831,594		
Total	900010,4	6			

Tabela A35 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaR

	(I) ConcCdsoloR	(J) ConcCdsoloR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-460,73000*	108,77313	,029	-848,3962	-73,0638
		35	-841,57167*	99,29583	,002	-1195,4609	-487,6824
	15	5	460,73000*	108,77313	,029	73,0638	848,3962
		35	-380,84167*	99,29583	,040	-734,7309	-26,9524
Scheffe	5	15	-460,73000*	108,77313	,033	-866,0985	-55,3615
		35	-841,57167*	99,29583	,003	-1211,6208	-471,5226
	15	5	460,73000*	108,77313	,033	55,3615	866,0985
		35	-380,84167*	99,29583	,046	-750,8908	-10,7926
LSD	5	15	-460,73000*	108,77313	,013	-762,7326	-158,7274
		35	-841,57167*	99,29583	,001	-1117,2611	-565,8822
	15	5	460,73000*	108,77313	,013	158,7274	762,7326
		35	-380,84167*	99,29583	,019	-656,5311	-105,1522
	35	5	841,57167*	99,29583	,001	565,8822	1117,2611
		15	380,84167*	99,29583	,019	105,1522	656,5311

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A36 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ConcCdPlantaR

	(I) ConcCdsoloR	(J) ConcCdsoloR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	5	15	-460,73000	108,77313	,029	-1085,2580	163,7980
		35	-841,57167*	99,29583	,002	-1411,6851	-271,4582
	15	5	460,73000	108,77313	,029	-163,7980	1085,2580
		35	-380,84167	99,29583	,040	-950,9551	189,2718
	35	5	841,57167*	99,29583	,002	271,4582	1411,6851
		15	380,84167	99,29583	,040	-189,2718	950,9551
Scheffe	5	15	-460,73000	108,77313	,033	-1113,3688	191,9088
		35	-841,57167*	99,29583	,003	-1437,3466	-245,7967
	15	5	460,73000	108,77313	,033	-191,9088	1113,3688
		35	-380,84167	99,29583	,046	-976,6166	214,9333
	35	5	841,57167*	99,29583	,003	245,7967	1437,3466
		15	380,84167	99,29583	,046	-214,9333	976,6166
LSD	5	15	-460,73000	108,77313	,013	-961,5318	40,0718
		35	-841,57167*	99,29583	,001	-1298,7391	-384,4042
	15	5	460,73000	108,77313	,013	-40,0718	961,5318
		35	-380,84167	99,29583	,019	-838,0091	76,3258
	35	5	841,57167*	99,29583	,001	384,4042	1298,7391
		15	380,84167	99,29583	,019	-76,3258	838,0091

*. The mean difference is significant at the .01 level.

ANEXO XI

Peroxidação Lipídica



Tabela A37 - ANOVA da peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea*

ANOVA					
MDApa					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13,295	3	4,432	32,495	,000
Within Groups	1,227	9	,136		
Total	14,522	12			

Tabela A38 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons							
Dependent Variable: MDApa							
	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,9864333*	,2820537	,028	-1,866948	-,105918
		15	-2,7619000*	,2820537	,000	-3,642415	-1,881385
		35	-,8815000*	,2820537	,050	-1,762015	-,000985
	5	0	,9864333*	,2820537	,028	,105918	1,866948
		15	-1,7754667*	,3015281	,001	-2,716777	-,834157
		35	-,1049333	,3015281	,985	-,836377	1,046243
	15	0	2,7619000*	,2820537	,000	1,881385	3,642415
		5	1,7754667*	,3015281	,001	,834157	2,718777
		35	1,8804000*	,3015281	,001	,939090	2,821710
	35	0	,8815000*	,2820537	,050	,000985	1,762015
		5	-,1049333	,3015281	,985	-1,046243	,836377
		15	-1,8804000*	,3015281	,001	-2,821710	-,939090
Scheffe	0	5	-,9864333*	,2820537	,044	-1,946562	-,026305
		15	-2,7619000*	,2820537	,000	-3,722029	-1,801771
		35	-,8815000	,2820537	,074	-1,841629	,078629
	5	0	,9864333*	,2820537	,044	,026305	1,946562
		15	-1,7754667*	,3015281	,002	-2,801887	-,749046
		35	-,1049333	,3015281	,988	-,921487	1,131354
	15	0	2,7619000*	,2820537	,000	1,801771	3,722029
		5	1,7754667*	,3015281	,002	,749046	2,801887
		35	1,8804000*	,3015281	,001	,853979	2,906821
	35	0	,8815000	,2820537	,074	-,078629	1,841629
		5	-,1049333	,3015281	,988	-1,131354	,921487
		15	-1,8804000*	,3015281	,001	-2,906821	-,853979
LSD	0	5	-,9884333*	,2820537	,007	-1,624483	-,348383
		15	-2,7619000*	,2820537	,000	-3,399950	-2,123850
		35	-,8815000*	,2820537	,012	-1,519550	-,243450
	5	0	,9864333*	,2820537	,007	,348383	1,624483
		15	-1,7754667*	,3015281	,000	-2,457571	-1,093363
		35	-,1049333	,3015281	,736	-,577171	,787037
	15	0	2,7619000*	,2820537	,000	2,123850	3,399950
		5	1,7754667*	,3015281	,000	1,093363	2,457571
		35	1,8804000*	,3015281	,000	1,198296	2,562504
	35	0	,8815000*	,2820537	,012	,243450	1,519550
		5	-,1049333	,3015281	,736	-,787037	,577171
		15	-1,8804000*	,3015281	,000	-2,562504	-1,198296

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A39 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDApa

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,9864333	,2820537	,028	-2,174447	,201580
		15	-2,7619000*	,2820537	,000	-3,949913	-1,573887
		35	-,8815000	,2820537	,050	-2,069513	,306513
	5	0	,9864333	,2820537	,028	-,201580	2,174447
		15	-1,7754667*	,3015281	,001	-3,045508	-,505427
		35	,1049333	,3015281	,985	-1,165106	1,374973
	15	0	2,7619000*	,2820537	,000	1,573887	3,949913
		5	1,7754667*	,3015281	,001	,505427	3,045508
		35	1,8804000*	,3015281	,001	,610360	3,150440
	35	0	,8815000	,2820537	,050	-,306513	2,069513
		5	-,1049333	,3015281	,985	-1,374973	1,165106
		15	-1,8804000*	,3015281	,001	-3,150440	-,810360
Scheffe	0	5	-,9864333	,2820537	,044	-2,278220	,305353
		15	-2,7619000*	,2820537	,000	-4,053686	-1,470114
		35	-,8815000	,2820537	,074	-2,173286	,410288
	5	0	,9864333	,2820537	,044	-,305353	2,278220
		15	-1,7754667*	,3015281	,002	-3,156444	-,394489
		35	,1049333	,3015281	,988	-1,276044	1,485911
	15	0	2,7619000*	,2820537	,000	1,470114	4,053686
		5	1,7754667*	,3015281	,002	,394489	3,156444
		35	1,8804000*	,3015281	,001	,499422	3,261378
	35	0	,8815000	,2820537	,074	-,410286	2,173286
		5	-,1049333	,3015281	,988	-1,485911	1,276044
		15	-1,8804000*	,3015281	,001	-3,261378	-,499422
LSD	0	5	-,9864333*	,2820537	,007	-1,903062	-,069805
		15	-2,7619000*	,2820537	,000	-3,678528	-1,845272
		35	-,8815000	,2820537	,012	-1,798128	,035128
	5	0	,9864333*	,2820537	,007	,069805	1,903062
		15	-1,7754667*	,3015281	,000	-2,755384	-,795550
		35	,1049333	,3015281	,736	-,874984	1,084850
	15	0	2,7619000*	,2820537	,000	1,845272	3,678528
		5	1,7754667*	,3015281	,000	,795550	2,755384
		35	1,8804000*	,3015281	,000	,900483	2,860317
	35	0	,8815000	,2820537	,012	-,035128	1,798128
		5	-,1049333	,3015281	,736	-1,084850	,874984
		15	-1,8804000*	,3015281	,000	-2,860317	-,900483

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A40 - ANOVA da peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea*

ANOVA

MDAr

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,122	3	,041	8,817	,005
Within Groups	,041	9	,005		
Total	,163	12			

Tabela A41 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDAr

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,1143667	,0518502	,193	-,276232	,047499
		15	-,2434667*	,0518502	,005	-,405332	-,081601
		35	-,2006333*	,0518502	,016	-,362499	-,038768
	5	0	,1143667	,0518502	,193	-,047499	,276232
		15	-,1291000	,0554302	,162	-,302142	,043942
		35	-,0862667	,0554302	,447	-,259308	,086775
	15	0	,2434667*	,0518502	,005	,081601	,405332
		5	,1291000	,0554302	,162	-,043942	,302142
		35	,0428333	,0554302	,865	-,130208	,215875
	35	0	,2006333*	,0518502	,016	,038768	,362499
		5	,0862667	,0554302	,447	-,086775	,259308
		15	-,0428333	,0554302	,865	-,215875	,130208
Scheffe	0	5	-,1143667	,0518502	,252	-,290868	,062135
		15	-,2434667*	,0518502	,009	-,419968	-,066965
		35	-,2006333*	,0518502	,026	-,377135	-,024132
	5	0	,1143667	,0518502	,252	-,062135	,290868
		15	-,1291000	,0554302	,216	-,317766	,059588
		35	-,0862667	,0554302	,521	-,274954	,102421
	15	0	,2434667*	,0518502	,009	,066965	,419968
		5	,1291000	,0554302	,216	-,059566	,317788
		35	,0428333	,0554302	,894	-,145854	,231521
	35	0	,2006333*	,0518502	,026	,024132	,377135
		5	,0862667	,0554302	,521	-,102421	,274954
		15	-,0428333	,0554302	,894	-,231521	,145854
LSD	0	5	-,1143667	,0518502	,055	-,231660	,002927
		15	-,2434667*	,0518502	,001	-,360760	-,126173
		35	-,2006333*	,0518502	,004	-,317927	-,063340
	5	0	,1143667	,0518502	,055	-,002927	,231660
		15	-,1291000*	,0554302	,045	-,254492	-,003708
		35	-,0862667	,0554302	,154	-,211658	,039125
	15	0	,2434667*	,0518502	,001	,126173	,360760
		5	,1291000*	,0554302	,045	,003708	,254492
		35	,0428333	,0554302	,459	-,062558	,168225
	35	0	,2006333*	,0518502	,004	,083340	,317927
		5	,0862667	,0554302	,154	-,039125	,211658
		15	-,0428333	,0554302	,459	-,168225	,062558

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A42 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDAr

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,1143667	,0518502	,193	-,332760	,104027
		15	-,2434667*	,0518502	,005	-,461860	-,025073
		35	-,2006333	,0518502	,016	-,419027	,017760
	5	0	,1143667	,0518502	,193	-,104027	,332760
		15	-,1291000	,0554302	,162	-,362572	,104372
		35	-,0862667	,0554302	,447	-,319739	,147206
	15	0	,2434667*	,0518502	,005	,025073	,461860
		5	,1291000	,0554302	,162	-,104372	,382572
		35	,0428333	,0554302	,865	-,190639	,276306
	35	0	,2006333	,0518502	,016	-,017760	,419027
		5	,0862667	,0554302	,447	-,147206	,319739
		15	-,0428333	,0554302	,865	-,276306	,190639
Scheffe	0	5	-,1143667	,0518502	,252	-,351837	,123103
		15	-,2434667*	,0518502	,009	-,480937	-,005997
		35	-,2006333	,0518502	,026	-,438103	,036837
	5	0	,1143667	,0518502	,252	-,123103	,351837
		15	-,1291000	,0554302	,216	-,382966	,124766
		35	-,0862667	,0554302	,521	-,340133	,167600
	15	0	,2434667*	,0518502	,009	,005997	,480937
		5	,1291000	,0554302	,216	-,124766	,382966
		35	,0428333	,0554302	,894	-,211033	,296700
	35	0	,2006333	,0518502	,026	-,036837	,438103
		5	,0862667	,0554302	,521	-,167600	,340133
		15	-,0428333	,0554302	,894	-,296700	,211033
LSD	0	5	-,1143667	,0518502	,055	-,282871	,054138
		15	-,2434667*	,0518502	,001	-,411971	-,074962
		35	-,2006333*	,0518502	,004	-,369138	-,032129
	5	0	,1143667	,0518502	,055	-,054138	,282871
		15	-,1291000	,0554302	,045	-,309239	,051039
		35	-,0862667	,0554302	,154	-,266406	,093872
	15	0	,2434667*	,0518502	,001	,074962	,411971
		5	,1291000	,0554302	,045	-,051039	,309239
		35	,0428333	,0554302	,459	-,137306	,222972
	35	0	,2006333*	,0518502	,004	,032129	,369138
		5	,0862667	,0554302	,154	-,093872	,266406
		15	-,0428333	,0554302	,459	-,222972	,137306

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A43 - ANOVA da peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum*

ANOVA					
MDApa					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5,434	3	1,811	23,475	,000
Within Groups	,694	9	,077		
Total	6,128	12			

Tabela A44 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons							
Dependent Variable: MDApa							
	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,3976333	,2267927	,353	-1,105634	,310368
		15	-1,6691583*	,2121451	,000	-2,331433	-1,006884
		35	-,7287333*	,2267927	,044	-1,436734	-,020732
	5	0	,3976333	,2267927	,353	-,310368	1,105634
		15	-1,2715250*	,2121451	,001	-1,933799	-,609251
		35	-,3311000	,2267927	,497	-1,039101	,376901
	15	0	1,6691583*	,2121451	,000	1,006884	2,331433
		5	1,2715250*	,2121451	,001	,609251	1,933799
		35	,9404250*	,2121451	,007	,278151	1,602699
	35	0	,7287333*	,2267927	,044	,020732	1,436734
		5	,3311000	,2267927	,497	-,376901	1,039101
		15	-,9404250*	,2121451	,007	-1,602699	-,278151
Scheffe	0	5	-,3976333	,2267927	,427	-1,169650	,374383
		15	-1,6691583*	,2121451	,000	-2,391314	-,947003
		35	-,7287333	,2267927	,065	-1,500750	,043283
	5	0	,3976333	,2267927	,427	-,374383	1,169650
		15	-1,2715250*	,2121451	,002	-1,993680	-,549370
		35	-,3311000	,2267927	,570	-1,103117	,440917
	15	0	1,6691583*	,2121451	,000	,947003	2,391314
		5	1,2715250*	,2121451	,002	,549370	1,993680
		35	,9404250*	,2121451	,012	,218270	1,662580
	35	0	,7287333	,2267927	,065	-,043283	1,500750
		5	,3311000	,2267927	,570	-,440917	1,103117
		15	-,9404250*	,2121451	,012	-1,662580	-,218270
LSD	0	5	-,3976333	,2267927	,113	-,910674	,115407
		15	-1,6691583*	,2121451	,000	-2,149064	-1,189253
		35	-,7287333*	,2267927	,011	-1,241774	-,215693
	5	0	,3976333	,2267927	,113	-,115407	,910674
		15	-1,2715250*	,2121451	,000	-1,751431	-,791619
		35	-,3311000	,2267927	,178	-,844141	,181941
	15	0	1,6691583*	,2121451	,000	1,189253	2,149064
		5	1,2715250*	,2121451	,000	,791619	1,751431
		35	,9404250*	,2121451	,002	,460519	1,420331
	35	0	,7287333*	,2267927	,011	,215693	1,241774
		5	,3311000	,2267927	,178	-,181941	,844141
		15	-,9404250*	,2121451	,002	-1,420331	-,460519

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A45 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDAPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,3976333	,2267927	,353	-1,352887	,557820
		15	-1,6691583*	,2121451	,000	-2,562716	-,775601
		35	-,7287333	,2267927	,044	-1,683987	,226520
	5	0	,3976333	,2267927	,353	-,557820	1,352887
		15	-1,2715250*	,2121451	,001	-2,165083	-,377987
		35	-,3311000	,2267927	,497	-1,286353	,624153
	15	0	1,6691583*	,2121451	,000	,775601	2,562716
		5	1,2715250*	,2121451	,001	,377987	2,165083
		35	,9404250*	,2121451	,007	,046867	1,833983
	35	0	,7287333	,2267927	,044	-,226520	1,683987
		5	,3311000	,2267927	,497	-,624153	1,286353
		15	-,9404250*	,2121451	,007	-1,833983	-,046867
Scheffe	0	5	-,3976333	,2267927	,427	-1,436328	,641061
		15	-1,6691583*	,2121451	,000	-2,640768	-,697549
		35	-,7287333	,2267927	,065	-1,767428	,309961
	5	0	,3976333	,2267927	,427	-,641061	1,436328
		15	-1,2715250*	,2121451	,002	-2,243135	-,299915
		35	-,3311000	,2267927	,570	-1,369794	,707594
	15	0	1,6691583*	,2121451	,000	,697549	2,640768
		5	1,2715250*	,2121451	,002	,299915	2,243135
		35	,9404250	,2121451	,012	-,031185	1,912035
	35	0	,7287333	,2267927	,065	-,309961	1,767428
		5	,3311000	,2267927	,570	-,707594	1,369794
		15	-,9404250	,2121451	,012	-1,912035	,031185
LSD	0	5	-,3976333	,2267927	,113	-1,134672	,339406
		15	-1,6691583*	,2121451	,000	-2,356595	-,979722
		35	-,7287333	,2267927	,011	-1,465772	,006306
	5	0	,3976333	,2267927	,113	-,339406	1,134672
		15	-1,2715250*	,2121451	,000	-1,960962	-,582088
		35	-,3311000	,2267927	,178	-1,068139	,405939
	15	0	1,6691583*	,2121451	,000	,979722	2,356595
		5	1,2715250*	,2121451	,000	,582088	1,960962
		35	,9404250*	,2121451	,002	,250988	1,629862
	35	0	,7287333	,2267927	,011	-,008306	1,465772
		5	,3311000	,2267927	,178	-,405939	1,068139
		15	-,9404250*	,2121451	,002	-1,629862	-,250988

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A46 - ANOVA da peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum*

ANOVA					
MDAr					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,209	3	,070	10,581	,003
Within Groups	,059	9	,007		
Total	,268	12			

Tabela A47 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons							
Dependent Variable: MDAr							
	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,3646000*	,0702420	,003	,145319	,583881
		15	,0115250	,0573524	,997	-,167518	,190568
		35	,0443500	,0619477	,888	-,149038	,237738
	5	0	-,3646000*	,0702420	,003	-,583881	-,145319
		15	-,3530750*	,0702420	,003	-,572356	-,133794
		35	-,3202500*	,0740416	,009	-,551393	-,089107
	15	0	-,0115250	,0573524	,997	-,190568	,167518
		5	,3530750*	,0702420	,003	,133794	,572356
		35	,0328250	,0619477	,950	-,160563	,226213
	35	0	-,0443500	,0619477	,888	-,237738	,149038
		5	,3202500*	,0740416	,009	,089107	,551393
		15	-,0328250	,0619477	,950	-,226213	,160563
Scheffe	0	5	,3646000*	,0702420	,005	,125492	,603708
		15	,0115250	,0573524	,998	-,183706	,206756
		35	,0443500	,0619477	,913	-,166524	,255224
	5	0	-,3646000*	,0702420	,005	-,603708	-,125492
		15	-,3530750*	,0702420	,006	-,592183	-,113967
		35	-,3202500*	,0740416	,014	-,572292	-,068208
	15	0	-,0115250	,0573524	,998	-,206756	,183708
		5	,3530750*	,0702420	,006	,113967	,592183
		35	,0328250	,0619477	,962	-,178049	,243699
	35	0	-,0443500	,0619477	,913	-,255224	,166524
		5	,3202500*	,0740416	,014	,088208	,572292
		15	-,0328250	,0619477	,962	-,243699	,178049
LSD	0	5	,3646000*	,0702420	,001	,205701	,523499
		15	,0115250	,0573524	,845	-,118215	,141265
		35	,0443500	,0619477	,492	-,095785	,184485
	5	0	-,3646000*	,0702420	,001	-,523499	-,205701
		15	-,3530750*	,0702420	,001	-,511974	-,194176
		35	-,3202500*	,0740416	,002	-,487744	-,152756
	15	0	-,0115250	,0573524	,845	-,141265	,118215
		5	,3530750*	,0702420	,001	,194176	,511974
		35	,0328250	,0619477	,609	-,107310	,172960
	35	0	-,0443500	,0619477	,492	-,184485	,095785
		5	,3202500*	,0740416	,002	,152756	,487744
		15	-,0328250	,0619477	,609	-,172960	,107310

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A48 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDAr

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,3646000*	,0702420	,003	,068740	,660460
		15	,0115250	,0573524	,997	-,230044	,253094
		35	,0443500	,0619477	,888	-,216574	,305274
	5	0	-,3646000*	,0702420	,003	-,660460	-,068740
		15	-,3530750*	,0702420	,003	-,648935	-,057215
		35	-,3202500*	,0740416	,009	-,632114	-,008386
	15	0	-,0115250	,0573524	,997	-,253094	,230044
		5	,3530750*	,0702420	,003	,057215	,648935
		35	,0328250	,0619477	,950	-,228099	,293749
	35	0	-,0443500	,0619477	,888	-,305274	,216574
		5	,3202500*	,0740416	,009	,008386	,632114
		15	-,0328250	,0619477	,950	-,293749	,228099
Scheffe	0	5	,3646000*	,0702420	,005	,042896	,686304
		15	,0115250	,0573524	,998	-,251145	,274195
		35	,0443500	,0619477	,913	-,239366	,328066
	5	0	-,3646000*	,0702420	,005	-,686304	-,042896
		15	-,3530750*	,0702420	,006	-,674779	-,031371
		35	-,3202500	,0740416	,014	-,659355	,018855
	15	0	-,0115250	,0573524	,998	-,274195	,251145
		5	,3530750*	,0702420	,006	,031371	,674779
		35	,0328250	,0619477	,962	-,250891	,316541
	35	0	-,0443500	,0619477	,913	-,328066	,239366
		5	,3202500	,0740416	,014	-,018855	,659355
		15	-,0328250	,0619477	,962	-,316541	,250891
LSD	0	5	,3646000*	,0702420	,001	,136325	,592875
		15	,0115250	,0573524	,845	-,174861	,197911
		35	,0443500	,0619477	,492	-,156970	,245670
	5	0	-,3646000*	,0702420	,001	-,592875	-,136325
		15	-,3530750*	,0702420	,001	-,581350	-,124800
		35	-,3202500*	,0740416	,002	-,560873	-,079627
	15	0	-,0115250	,0573524	,845	-,197911	,174861
		5	,3530750*	,0702420	,001	,124800	,581350
		35	,0328250	,0619477	,609	-,168495	,234145
	35	0	-,0443500	,0619477	,492	-,245670	,156970
		5	,3202500*	,0740416	,002	,079627	,560873
		15	-,0328250	,0619477	,609	-,234145	,168495

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A49 - ANOVA da peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum*

ANOVA

MDApa					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,035	3	,345	4,996	,058
Within Groups	,345	5	,069		
Total	1,380	8			

Tabela A50 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDApa

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,0470500	,2627355	,998	-1,016521	,922421
		15	-,4383500	,2627355	,425	-1,407821	,531121
		35	-,7954000	,2398436	,073	-1,680402	,089602
	5	0	,0470500	,2627355	,998	-,922421	1,016521
		15	-,3913000	,2627355	,506	-1,360771	,578171
		35	-,7483500	,2398436	,089	-1,633352	,136652
	15	0	,4383500	,2627355	,425	-,531121	1,407821
		5	,3913000	,2627355	,506	-,578171	1,360771
		35	-,3570500	,2398436	,506	-1,242052	,527952
	35	0	,7954000	,2398436	,073	-,089602	1,680402
		5	,7483500	,2398436	,069	-,136652	1,633352
		15	,3570500	,2398436	,506	-,527952	1,242052
Scheffe	0	5	-,0470500	,2627355	,998	-1,105465	1,011365
		15	-,4383500	,2627355	,492	-1,496765	,620065
		35	-,7954000	,2398436	,098	-1,761596	,170796
	5	0	,0470500	,2627355	,998	-1,011365	1,105465
		15	-,3913000	,2627355	,572	-1,449715	,667115
		35	-,7483500	,2398436	,119	-1,714546	,217846
	15	0	,4383500	,2627355	,492	-,620065	1,496765
		5	,3913000	,2627355	,572	-,667115	1,449715
		35	-,3570500	,2398436	,573	-1,323246	,609146
	35	0	,7954000	,2398436	,098	-,170796	1,761596
		5	,7483500	,2398436	,119	-,217846	1,714546
		15	,3570500	,2398436	,573	-,609146	1,323246
LSD	0	5	-,0470500	,2627355	,865	-,722433	,628333
		15	-,4383500	,2627355	,156	-1,113733	,237033
		35	-,7954000*	,2398436	,021	-1,411938	-,178862
	5	0	,0470500	,2627355	,865	-,628333	,722433
		15	-,3913000	,2627355	,197	-1,066683	,284083
		35	-,7483500*	,2398436	,026	-1,364688	-,131812
	15	0	,4383500	,2627355	,156	-,237033	1,113733
		5	,3913000	,2627355	,197	-,284083	1,066683
		35	-,3570500	,2398436	,197	-,973588	,259488
	35	0	,7954000*	,2398436	,021	,178862	1,411938
		5	,7483500*	,2398436	,026	,131812	1,364888
		15	,3570500	,2398436	,197	-,259488	,973588

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A51 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDAPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,0470500	,2627355	,998	-1,496922	1,402822
		15	-,4383500	,2627355	,425	-1,888222	1,011522
		35	-,7954000	,2398436	,073	-2,118946	,528146
	5	0	,0470500	,2627355	,998	-1,402822	1,496922
		15	-,3913000	,2627355	,506	-1,841172	1,058572
		35	-,7483500	,2398436	,089	-2,071896	,575196
	15	0	,4383500	,2627355	,425	-1,011522	1,888222
		5	,3913000	,2627355	,506	-1,058572	1,841172
		35	-,3570500	,2398436	,506	-1,680596	,966496
	35	0	,7954000	,2398436	,073	-,528146	2,118946
		5	,7483500	,2398436	,089	-,575196	2,071896
		15	,3570500	,2398436	,506	-,966496	1,680596
Scheffe	0	5	-,0470500	,2627355	,998	-1,627396	1,533296
		15	-,4383500	,2627355	,492	-2,018696	1,141996
		35	-,7954000	,2398436	,098	-2,238052	,647252
	5	0	,0470500	,2627355	,998	-1,533296	1,627396
		15	-,3913000	,2627355	,572	-1,971646	1,189046
		35	-,7483500	,2398436	,119	-2,191002	,694302
	15	0	,4383500	,2627355	,492	-1,141996	2,018696
		5	,3913000	,2627355	,572	-1,189046	1,971646
		35	-,3570500	,2398436	,573	-1,799702	1,085602
	35	0	,7954000	,2398436	,098	-,647252	2,238052
		5	,7483500	,2398436	,119	-,694302	2,191002
		15	,3570500	,2398436	,573	-1,085602	1,799702
LSD	0	5	-,0470500	,2627355	,865	-1,106437	1,012337
		15	-,4383500	,2627355	,156	-1,497737	,621037
		35	-,7954000	,2398436	,021	-1,762484	,171684
	5	0	,0470500	,2627355	,865	-1,012337	1,106437
		15	-,3913000	,2627355	,197	-1,450687	,668087
		35	-,7483500	,2398436	,026	-1,715434	,218734
	15	0	,4383500	,2627355	,156	-,621037	1,497737
		5	,3913000	,2627355	,197	-,668087	1,450687
		35	-,3570500	,2398436	,197	-1,324134	,610034
	35	0	,7954000	,2398436	,021	-,171684	1,762484
		5	,7483500	,2398436	,026	-,218734	1,715434
		15	,3570500	,2398436	,197	-,610034	1,324134

Tabela A52 - ANOVA da peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum*

ANOVA

MDAr

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,878	3	,293	4,438	,041
Within Groups	,528	8	,066		
Total	1,406	11			

Tabela A53 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDAr

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,3623000	,2344265	,457	-,388416	1,113016
		15	-,1859750	,1961353	,781	-,814089	,442119
		35	-,4626333	,2096774	,201	-1,134094	,208828
	5	0	-,3623000	,2344265	,457	-1,113016	,388416
		15	-,5482750	,2223965	,141	-1,260467	,163917
		35	-,8249333*	,2344265	,032	-1,575649	-,074217
	15	0	,1859750	,1961353	,781	-,442119	,814089
		5	,5482750	,2223965	,141	-,163917	1,260467
		35	-,2766583	,1961353	,527	-,904753	,351436
	35	0	,4626333	,2096774	,201	-,208828	1,134094
		5	,8249333*	,2344265	,032	,074217	1,575649
		15	,2766583	,1961353	,527	-,351436	,904753
Scheffe	0	5	,3623000	,2344265	,530	-,456468	1,181088
		15	-,1859750	,1961353	,825	-,871005	,499055
		35	-,4626333	,2096774	,259	-1,194961	,269695
	5	0	-,3623000	,2344265	,530	-1,181088	,456468
		15	-,5482750	,2223965	,189	-1,325026	,228476
		35	-,8249333*	,2344265	,048	-1,643701	-,006166
	15	0	,1859750	,1961353	,825	-,499055	,871005
		5	,5482750	,2223965	,189	-,228476	1,325026
		35	-,2766583	,1961353	,598	-,961688	,408372
	35	0	,4626333	,2096774	,259	-,269695	1,194961
		5	,8249333*	,2344265	,048	,006166	1,643701
		15	,2766583	,1961353	,598	-,408372	,961688
LSD	0	5	,3623000	,2344265	,161	-,178288	,902888
		15	-,1859750	,1961353	,371	-,638264	,266314
		35	-,4626333	,2096774	,058	-,946150	,020884
	5	0	-,3623000	,2344265	,161	-,902888	,178288
		15	-,5482750*	,2223965	,039	-1,061122	-,035428
		35	-,8249333*	,2344265	,008	-1,365522	-,284345
	15	0	,1859750	,1961353	,371	-,266314	,638264
		5	,5482750*	,2223965	,039	,035428	1,061122
		35	-,2766583	,1961353	,196	-,728947	,175630
	35	0	,4626333	,2096774	,058	-,020884	,946150
		5	,8249333*	,2344265	,008	,284345	1,365522
		15	,2766583	,1961353	,196	-,175630	,728947

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A54 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na peroxidação lipídica (produção de malondialdeído) nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDAr

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,3623000	,2344265	,457	-,666076	1,390676
		15	-,1859750	,1961353	,781	-1,046376	,674426
		35	-,4626333	,2096774	,201	-1,382441	,457174
	5	0	-,3623000	,2344265	,457	-1,390676	,666076
		15	-,5482750	,2223965	,141	-1,523878	,427328
		35	-,8249333	,2344265	,032	-1,853309	,203443
	15	0	,1859750	,1961353	,781	-,674426	1,046376
		5	,5482750	,2223965	,141	-,427328	1,523878
		35	-,2766583	,1961353	,527	-1,137059	,583743
	35	0	,4626333	,2096774	,201	-,457174	1,382441
		5	,8249333	,2344265	,032	-,203443	1,853309
		15	,2766583	,1961353	,527	-,583743	1,137059
Scheffe	0	5	,3623000	,2344265	,530	-,756408	1,481008
		15	-,1859750	,1961353	,825	-1,121953	,750003
		35	-,4626333	,2096774	,259	-1,463236	,537969
	5	0	-,3623000	,2344265	,530	-1,481008	,756408
		15	-,5482750	,2223965	,189	-1,609574	,513024
		35	-,8249333	,2344265	,048	-1,943641	,293774
	15	0	,1859750	,1961353	,825	-,750003	1,121953
		5	,5482750	,2223965	,189	-,513024	1,609574
		35	-,2766583	,1961353	,598	-1,212636	,659320
	35	0	,4626333	,2096774	,259	-,537969	1,463236
		5	,8249333	,2344265	,048	-,293774	1,943641
		15	,2766583	,1961353	,598	-,659320	1,212636
LSD	0	5	,3623000	,2344265	,161	-,424292	1,148892
		15	-,1859750	,1961353	,371	-,844085	,472135
		35	-,4626333	,2096774	,058	-1,166182	,240916
	5	0	-,3623000	,2344265	,161	-1,148892	,424292
		15	-,5482750	,2223965	,039	-1,294501	,197951
		35	-,8249333*	,2344265	,008	-1,611525	-,038342
	15	0	,1859750	,1961353	,371	-,472135	,844085
		5	,5482750	,2223965	,039	-,197951	1,294501
		35	-,2766583	,1961353	,196	-,934768	,381451
	35	0	,4626333	,2096774	,058	-,240916	1,166182
		5	,8249333*	,2344265	,008	-,038342	1,611525
		15	,2766583	,1961353	,196	-,381451	,934768

*. The mean difference is significant at the .01 level.

ANEXO XII

Stress Oxidativo: Catalase



Tabela A55 - ANOVA da actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28727,067	3	9575,689	66,530	,000
Within Groups	863,585	6	143,931		
Total	29590,652	9			

Tabela A56 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA							
	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-46,08000*	9,79561	,013	-79,9896	-12,1704
		15	-152,55167*	10,95182	,000	-190,4637	-114,6396
		35	-70,87167*	10,95182	,003	-108,7837	-32,9596
	5	0	46,08000*	9,79561	,013	12,1704	79,9896
		15	-106,47167*	10,95182	,000	-144,3837	-68,5596
		35	-24,79167	10,95182	,209	-62,7037	13,1204
	15	0	152,55167*	10,95182	,000	114,6396	190,4637
		5	106,47167*	10,95182	,000	68,5596	144,3837
		35	81,68000*	11,99712	,002	40,1494	123,2106
	35	0	70,87167*	10,95182	,003	32,9596	108,7837
		5	24,79167	10,95182	,209	-13,1204	62,7037
		15	-81,68000*	11,99712	,002	-123,2106	-40,1494
Scheffe	0	5	-46,08000*	9,79561	,019	-83,0851	-9,0749
		15	-152,55167*	10,95182	,000	-193,9246	-111,1787
		35	-70,87167*	10,95182	,004	-112,2446	-29,4987
	5	0	46,08000*	9,79561	,019	9,0749	83,0851
		15	-106,47167*	10,95182	,000	-147,8446	-65,0987
		35	-24,79167	10,95182	,264	-66,1646	16,5813
	15	0	152,55167*	10,95182	,000	111,1787	193,9246
		5	106,47167*	10,95182	,000	65,0987	147,8446
		35	81,68000*	11,99712	,003	36,3582	127,0018
	35	0	70,87167*	10,95182	,004	29,4987	112,2446
		5	24,79167	10,95182	,264	-16,5813	66,1646
		15	-81,68000*	11,99712	,003	-127,0018	-36,3582
LSD	0	5	-46,08000*	9,79561	,003	-70,0490	-22,1110
		15	-152,55167*	10,95182	,000	-179,3498	-125,7535
		35	-70,87167*	10,95182	,001	-97,6698	-44,0735
	5	0	46,08000*	9,79561	,003	22,1110	70,0490
		15	-106,47167*	10,95182	,000	-133,2698	-79,6735
		35	-24,79167	10,95182	,064	-51,5898	2,0065
	15	0	152,55167*	10,95182	,000	125,7535	179,3498
		5	106,47167*	10,95182	,000	79,6735	133,2698
		35	81,68000*	11,99712	,000	52,3241	111,0359
	35	0	70,87167*	10,95182	,001	44,0735	97,6698
		5	24,79167	10,95182	,064	-2,0065	51,5898
		15	-81,68000*	11,99712	,000	-111,0359	-52,3241

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A57 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-46,08000	9,79561	,013	-94,7962	2,6362
		15	-152,55167*	10,95182	,000	-207,0180	-98,0853
		35	-70,87167*	10,95182	,003	-125,3380	-16,4053
	5	0	46,08000	9,79561	,013	-2,6362	94,7962
		15	-106,47167*	10,95182	,000	-160,9380	-52,0053
		35	-24,79167	10,95182	,209	-79,2580	29,6747
	15	0	152,55167*	10,95182	,000	98,0853	207,0180
		5	106,47167*	10,95182	,000	52,0053	160,9380
		35	81,68000*	11,99712	,002	22,0151	141,3449
	35	0	70,87167*	10,95182	,003	16,4053	125,3380
		5	24,79167	10,95182	,209	-29,6747	79,2580
		15	-81,68000*	11,99712	,002	-141,3449	-22,0151
Scheffe	0	5	-46,08000	9,79561	,019	-99,1380	6,9780
		15	-152,55167*	10,95182	,000	-211,8723	-93,2310
		35	-70,87167*	10,95182	,004	-130,1923	-11,5510
	5	0	46,08000	9,79561	,019	-6,9780	99,1380
		15	-106,47167*	10,95182	,000	-165,7923	-47,1510
		35	-24,79167	10,95182	,264	-84,1123	34,5290
	15	0	152,55167*	10,95182	,000	93,2310	211,8723
		5	106,47167*	10,95182	,000	47,1510	165,7923
		35	81,68000*	11,99712	,003	16,6975	146,6625
	35	0	70,87167*	10,95182	,004	11,5510	130,1923
		5	24,79167	10,95182	,264	-34,5290	84,1123
		15	-81,68000*	11,99712	,003	-146,6625	-16,6975
LSD	0	5	-46,08000*	9,79561	,003	-82,3965	-9,7635
		15	-152,55167*	10,95182	,000	-193,1548	-111,9486
		35	-70,87167*	10,95182	,001	-111,4748	-30,2686
	5	0	46,08000*	9,79561	,003	9,7635	82,3965
		15	-106,47187*	10,95182	,000	-147,0748	-65,8686
		35	-24,79167	10,95182	,084	-65,3948	15,8114
	15	0	152,55167*	10,95182	,000	111,9486	193,1548
		5	106,47167*	10,95182	,000	65,8686	147,0748
		35	81,68000*	11,99712	,000	37,2015	126,1585
	35	0	70,87167*	10,95182	,001	30,2686	111,4748
		5	24,79167	10,95182	,064	-15,8114	65,3948
		15	-81,68000*	11,99712	,000	-126,1585	-37,2015

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A58 - ANOVA da actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	370,069	3	123,356	6,866	,009
Within Groups	179,672	10	17,967		
Total	549,741	13			

Tabela A59 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,88667	3,09557	,991	-10,3571	8,5838
		15	-4,44333	3,09557	,507	-13,9138	5,0271
		35	-13,31667*	3,09557	,007	-22,7871	-3,8462
	5	0	,88667	3,09557	,991	-8,5838	10,3571
		15	-3,55667	3,46095	,738	-14,1449	7,0316
		35	-12,43000*	3,46095	,021	-23,0183	-1,8417
	15	0	4,44333	3,09557	,507	-5,0271	13,9138
		5	3,55667	3,46095	,738	-7,0316	14,1449
		35	-8,87333	3,46095	,109	-19,4616	1,7149
	35	0	13,31667*	3,09557	,007	3,8462	22,7871
		5	12,43000*	3,46095	,021	1,8417	23,0183
		15	8,87333	3,46095	,109	-1,7149	19,4616
Scheffe	0	5	-,88667	3,09557	,994	-11,2116	9,4382
		15	-4,44333	3,09557	,580	-14,7682	5,8816
		35	-13,31667*	3,09557	,012	-23,6416	-2,9918
	5	0	,88667	3,09557	,994	-9,4382	11,2116
		15	-3,55667	3,46095	,789	-15,1003	7,9869
		35	-12,43000*	3,46095	,034	-23,9736	-,8864
	15	0	4,44333	3,09557	,580	-5,8816	14,7682
		5	3,55667	3,46095	,789	-7,9869	15,1003
		35	-8,87333	3,46095	,152	-20,4169	2,6703
	35	0	13,31667*	3,09557	,012	2,9918	23,6416
		5	12,43000*	3,46095	,034	,8864	23,9736
		15	8,87333	3,46095	,152	-2,6703	20,4169
LSD	0	5	-,88667	3,09557	,780	-7,7840	6,0107
		15	-4,44333	3,09557	,182	-11,3407	2,4540
		35	-13,31667*	3,09557	,002	-20,2140	-6,4193
	5	0	,88667	3,09557	,780	-6,0107	7,7840
		15	-3,55667	3,46095	,328	-11,2681	4,1548
		35	-12,43000*	3,46095	,005	-20,1415	-4,7185
	15	0	4,44333	3,09557	,182	-2,4540	11,3407
		5	3,55667	3,46095	,328	-4,1548	11,2681
		35	-8,87333*	3,46095	,028	-16,5848	-1,1619
	35	0	13,31667*	3,09557	,002	6,4193	20,2140
		5	12,43000*	3,46095	,005	4,7185	20,1415
		15	8,87333*	3,46095	,028	1,1619	16,5848

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A60 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-.88667	3,09557	,991	-13,5135	11,7402
		15	-4,44333	3,09557	,507	-17,0702	8,1835
		35	-13,31667*	3,09557	,007	-25,9435	-.6898
	5	0	,88667	3,09557	,991	-11,7402	13,5135
		15	-3,55667	3,46095	,738	-17,6739	10,5606
		35	-12,43000	3,46095	,021	-26,5472	1,6872
	15	0	4,44333	3,09557	,507	-8,1835	17,0702
		5	3,55667	3,46095	,738	-10,5606	17,6739
		35	-8,87333	3,46095	,109	-22,9906	5,2439
	35	0	13,31667*	3,09557	,007	,6898	25,9435
		5	12,43000	3,46095	,021	-1,6872	26,5472
		15	8,87333	3,46095	,109	-5,2439	22,9906
Scheffe	0	5	-.88667	3,09557	,994	-14,6112	12,8379
		15	-4,44333	3,09557	,580	-18,1679	9,2812
		35	-13,31667	3,09557	,012	-27,0412	,4079
	5	0	,88667	3,09557	,994	-12,8379	14,6112
		15	-3,55667	3,46095	,789	-18,9012	11,7878
		35	-12,43000	3,46095	,034	-27,7745	2,9145
	15	0	4,44333	3,09557	,580	-9,2812	18,1679
		5	3,55667	3,46095	,789	-11,7878	18,9012
		35	-8,87333	3,46095	,152	-24,2178	6,4712
	35	0	13,31667	3,09557	,012	-,4079	27,0412
		5	12,43000	3,46095	,034	-2,9145	27,7745
		15	8,87333	3,46095	,152	-6,4712	24,2178
LSD	0	5	-.88667	3,09557	,780	-10,6974	8,9240
		15	-4,44333	3,09557	,182	-14,2540	5,3674
		35	-13,31667*	3,09557	,002	-23,1274	-3,5060
	5	0	,88667	3,09557	,780	-8,9240	10,6974
		15	-3,55667	3,46095	,328	-14,5254	7,4120
		35	-12,43000*	3,46095	,005	-23,3987	-1,4613
	15	0	4,44333	3,09557	,182	-5,3674	14,2540
		5	3,55667	3,46095	,328	-7,4120	14,5254
		35	-8,87333	3,46095	,028	-19,8420	2,0954
	35	0	13,31667*	3,09557	,002	3,5060	23,1274
		5	12,43000*	3,46095	,005	1,4613	23,3987
		15	8,87333	3,46095	,028	-2,0954	19,8420

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A61 - ANOVA da actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16262,278	3	5420,759	5,768	,044
Within Groups	4698,826	5	939,765		
Total	20961,104	8			

Tabela A62 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	-14,27000	30,65559	,964	-127,3865	98,8465
		15 ppm	-43,82833	27,98460	,470	-147,0891	59,4324
		35 ppm	-116,88000*	30,65559	,044	-229,9965	-3,7635
	5 ppm	0 ppm	14,27000	30,65559	,964	-98,8465	127,3865
		15 ppm	-29,55833	27,98460	,728	-132,8191	73,7024
		35 ppm	-102,61000	30,65559	,071	-215,7265	10,5065
	15 ppm	0 ppm	43,82833	27,98460	,470	-59,4324	147,0891
		5 ppm	29,55833	27,98460	,728	-73,7024	132,8191
		35 ppm	-73,05167	27,98460	,155	-176,3124	30,2091
	35 ppm	0 ppm	116,88000*	30,65559	,044	3,7635	229,9965
		5 ppm	102,61000	30,65559	,071	-10,5065	215,7265
		15 ppm	73,05167	27,98460	,155	-30,2091	176,3124
Scheffe	0 ppm	5 ppm	-14,27000	30,65559	,972	-137,7643	109,2243
		15 ppm	-43,82833	27,98460	,537	-156,5627	68,9060
		35 ppm	-116,88000	30,65559	,061	-240,3743	6,6143
	5 ppm	0 ppm	14,27000	30,65559	,972	-109,2243	137,7643
		15 ppm	-29,55833	27,98460	,777	-142,2927	83,1760
		35 ppm	-102,61000	30,65559	,095	-226,1043	20,8843
	15 ppm	0 ppm	43,82833	27,98460	,537	-68,9060	156,5627
		5 ppm	29,55833	27,98460	,777	-83,1760	142,2927
		35 ppm	-73,05167	27,98460	,198	-185,7860	39,6827
	35 ppm	0 ppm	116,88000	30,65559	,061	-6,6143	240,3743
		5 ppm	102,61000	30,65559	,095	-20,8843	226,1043
		15 ppm	73,05167	27,98460	,198	-39,6827	185,7860
LSD	0 ppm	5 ppm	-14,27000	30,65559	,661	-93,0727	64,5327
		15 ppm	-43,82833	27,98460	,178	-115,7650	28,1084
		35 ppm	-116,88000*	30,65559	,012	-195,6827	-38,0773
	5 ppm	0 ppm	14,27000	30,65559	,661	-64,5327	93,0727
		15 ppm	-29,55833	27,98460	,339	-101,4950	42,3784
		35 ppm	-102,61000*	30,65559	,020	-181,4127	-23,8073
	15 ppm	0 ppm	43,82833	27,98460	,178	-28,1084	115,7650
		5 ppm	29,55833	27,98460	,339	-42,3784	101,4950
		35 ppm	-73,05167*	27,98460	,048	-144,9884	-1,1150
	35 ppm	0 ppm	116,88000*	30,65559	,012	38,0773	195,6827
		5 ppm	102,61000*	30,65559	,020	23,8073	181,4127
		15 ppm	73,05167*	27,98460	,048	1,1150	144,9884

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A63 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	-14,27000	30,65559	,964	-183,4389	154,8989
		15 ppm	-43,82833	27,98460	,470	-198,2577	110,6011
		35 ppm	-116,88000	30,65559	,044	-286,0489	52,2889
	5 ppm	0 ppm	14,27000	30,65559	,964	-154,8989	183,4389
		15 ppm	-29,55833	27,98460	,728	-183,9877	124,8711
		35 ppm	-102,61000	30,65559	,071	-271,7789	66,5589
	15 ppm	0 ppm	43,82833	27,98460	,470	-110,6011	198,2577
		5 ppm	29,55833	27,98460	,728	-124,8711	183,9877
		35 ppm	-73,05167	27,98460	,155	-227,4811	81,3777
	35 ppm	0 ppm	116,88000	30,65559	,044	-52,2889	286,0489
		5 ppm	102,61000	30,65559	,071	-66,5589	271,7789
		15 ppm	73,05167	27,98460	,155	-81,3777	227,4811
Scheffe	0 ppm	5 ppm	-14,27000	30,65559	,972	-198,6624	170,1224
		15 ppm	-43,82833	27,98460	,537	-212,1548	124,4982
		35 ppm	-116,88000	30,65559	,061	-301,2724	67,5124
	5 ppm	0 ppm	14,27000	30,65559	,972	-170,1224	198,6624
		15 ppm	-29,55833	27,98460	,777	-197,8848	138,7682
		35 ppm	-102,61000	30,65559	,095	-287,0024	81,7824
	15 ppm	0 ppm	43,82833	27,98460	,537	-124,4982	212,1548
		5 ppm	29,55833	27,98460	,777	-138,7682	197,8848
		35 ppm	-73,05167	27,98460	,198	-241,3782	95,2748
	35 ppm	0 ppm	116,88000	30,65559	,061	-67,5124	301,2724
		5 ppm	102,61000	30,65559	,095	-81,7824	287,0024
		15 ppm	73,05167	27,98460	,198	-95,2748	241,3782
LSD	0 ppm	5 ppm	-14,27000	30,65559	,661	-137,8777	109,3377
		15 ppm	-43,82833	27,98460	,178	-156,6662	69,0096
		35 ppm	-116,88000	30,65559	,012	-240,4877	6,7277
	5 ppm	0 ppm	14,27000	30,65559	,661	-109,3377	137,8777
		15 ppm	-29,55833	27,98460	,339	-142,3962	83,2796
		35 ppm	-102,61000	30,65559	,020	-226,2177	20,9977
	15 ppm	0 ppm	43,82833	27,98460	,178	-69,0096	156,6662
		5 ppm	29,55833	27,98460	,339	-83,2796	142,3962
		35 ppm	-73,05167	27,98460	,048	-185,8896	39,7862
	35 ppm	0 ppm	116,88000	30,65559	,012	-6,7277	240,4877
		5 ppm	102,61000	30,65559	,020	-20,9977	226,2177
		15 ppm	73,05167	27,98460	,048	-39,7862	185,8896

Tabela A64 - ANOVA da actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	828,921	3	276,307	26,015	,000
Within Groups	116,830	11	10,621		
Total	945,751	14			

Tabela A65 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	9,80333*	2,38002	,008	2,6406	16,9661
		15 ppm	-9,67750*	2,18619	,005	-16,2569	-3,0981
		35 ppm	-9,27000*	2,38002	,011	-16,4328	-2,1072
	5 ppm	0 ppm	-9,80333*	2,38002	,008	-16,9661	-2,6406
		15 ppm	-19,48083*	2,48908	,000	-26,9718	-11,9898
		35 ppm	-19,07333*	2,66094	,000	-27,0816	-11,0651
	15 ppm	0 ppm	9,67750*	2,18619	,005	3,0981	16,2569
		5 ppm	19,48083*	2,48908	,000	11,9898	26,9718
		35 ppm	,40750	2,48908	,998	-7,0835	7,8985
	35 ppm	0 ppm	9,27000*	2,38002	,011	2,1072	16,4328
		5 ppm	19,07333*	2,66094	,000	11,0651	27,0816
		15 ppm	-,40750	2,48908	,998	-7,8985	7,0835
Scheffe	0 ppm	5 ppm	9,80333*	2,38002	,014	1,9955	17,6112
		15 ppm	-9,67750*	2,18619	,008	-16,8495	-2,5055
		35 ppm	-9,27000*	2,38002	,019	-17,0779	-1,4621
	5 ppm	0 ppm	-9,80333*	2,38002	,014	-17,6112	-1,9955
		15 ppm	-19,48083*	2,48908	,000	-27,6465	-11,3152
		35 ppm	-19,07333*	2,66094	,000	-27,8028	-10,3439
	15 ppm	0 ppm	9,67750*	2,18619	,008	2,5055	16,8495
		5 ppm	19,48083*	2,48908	,000	11,3152	27,6465
		35 ppm	,40750	2,48908	,999	-7,7582	8,5732
	35 ppm	0 ppm	9,27000*	2,38002	,019	1,4621	17,0779
		5 ppm	19,07333*	2,66094	,000	10,3439	27,8028
		15 ppm	-,40750	2,48908	,999	-8,5732	7,7582
LSD	0 ppm	5 ppm	9,80333*	2,38002	,002	4,5649	15,0417
		15 ppm	-9,67750*	2,18619	,001	-14,4893	-4,8657
		35 ppm	-9,27000*	2,38002	,002	-14,5084	-4,0316
	5 ppm	0 ppm	-9,80333*	2,38002	,002	-15,0417	-4,5649
		15 ppm	-19,48083*	2,48908	,000	-24,9593	-14,0024
		35 ppm	-19,07333*	2,66094	,000	-24,9300	-13,2166
	15 ppm	0 ppm	9,67750*	2,18619	,001	4,8657	14,4893
		5 ppm	19,48083*	2,48908	,000	14,0024	24,9593
		35 ppm	,40750	2,48908	,873	-5,0709	5,8859
	35 ppm	0 ppm	9,27000*	2,38002	,002	4,0316	14,5084
		5 ppm	19,07333*	2,66094	,000	13,2166	24,9300
		15 ppm	-,40750	2,48908	,873	-5,8859	5,0709

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A66 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	9,80333*	2,38002	,008	,3440	19,2627
		15 ppm	-9,67750*	2,18619	,005	-18,3665	-,9885
		35 ppm	-9,27000	2,38002	,011	-18,7294	,1894
	5 ppm	0 ppm	-9,80333*	2,38002	,008	-19,2627	-,3440
		15 ppm	-19,48083*	2,48908	,000	-29,3737	-9,5880
		35 ppm	-19,07333*	2,66094	,000	-29,6492	-8,4974
	15 ppm	0 ppm	9,67750*	2,18619	,005	,9885	18,3665
		5 ppm	19,48083*	2,48908	,000	9,5880	29,3737
		35 ppm	,40750	2,48908	,998	-9,4853	10,3003
	35 ppm	0 ppm	9,27000	2,38002	,011	-,1894	18,7294
		5 ppm	19,07333*	2,66094	,000	8,4974	29,6492
		15 ppm	-,40750	2,48908	,998	-10,3003	9,4853
Scheffe	0 ppm	5 ppm	9,80333	2,38002	,014	-,4750	20,0817
		15 ppm	-9,67750*	2,18619	,008	-19,1187	-,2363
		35 ppm	-9,27000	2,38002	,019	-19,5483	1,0083
	5 ppm	0 ppm	-9,80333	2,38002	,014	-20,0817	,4750
		15 ppm	-19,48083*	2,48908	,000	-30,2302	-8,7315
		35 ppm	-19,07333*	2,66094	,000	-30,5648	-7,5818
	15 ppm	0 ppm	9,67750*	2,18619	,008	,2363	19,1187
		5 ppm	19,48083*	2,48908	,000	8,7315	30,2302
		35 ppm	,40750	2,48908	,999	-10,3418	11,1568
	35 ppm	0 ppm	9,27000	2,38002	,019	-1,0083	19,5483
		5 ppm	19,07333*	2,66094	,000	7,5818	30,5648
		15 ppm	-,40750	2,48908	,999	-11,1568	10,3418
LSD	0 ppm	5 ppm	9,80333*	2,38002	,002	2,4115	17,1952
		15 ppm	-9,67750*	2,18619	,001	-16,4674	-2,8876
		35 ppm	-9,27000*	2,38002	,002	-16,6619	-1,8781
	5 ppm	0 ppm	-9,80333*	2,38002	,002	-17,1952	-2,4115
		15 ppm	-19,48083*	2,48908	,000	-27,2114	-11,7502
		35 ppm	-19,07333*	2,66094	,000	-27,3377	-10,8090
	15 ppm	0 ppm	9,67750*	2,18619	,001	2,8876	16,4674
		5 ppm	19,48083*	2,48908	,000	11,7502	27,2114
		35 ppm	,40750	2,48908	,873	-7,3231	8,1381
	35 ppm	0 ppm	9,27000*	2,38002	,002	1,8781	16,6619
		5 ppm	19,07333*	2,66094	,000	10,8090	27,3377
		15 ppm	-,40750	2,48908	,873	-8,1381	7,3231

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A67 - ANOVA da actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	70246,734	3	23415,578	6,624	,015
Within Groups	28281,212	8	3535,152		
Total	98527,946	11			

Tabela A68 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	44,48333	45,41114	,765	-100,9391	189,9058
		15	-80,40000	45,41114	,352	-225,8225	65,0225
		35	-177,05000*	51,49139	,036	-341,9436	-12,1564
	5	0	-44,48333	45,41114	,765	-189,9058	100,9391
		15	-124,88333	48,54655	,121	-280,3465	30,5798
		35	-221,53333*	54,27669	,015	-395,3464	-47,7203
	15	0	80,40000	45,41114	,352	-65,0225	225,8225
		5	124,88333	48,54655	,121	-30,5798	280,3465
		35	-96,65000	54,27669	,348	-270,4631	77,1631
	35	0	177,05000*	51,49139	,036	12,1564	341,9436
		5	221,53333*	54,27669	,015	47,7203	395,3464
		15	96,65000	54,27669	,348	-77,1631	270,4631
Scheffe	0	5	44,48333	45,41114	,811	-114,1215	203,0881
		15	-80,40000	45,41114	,424	-239,0048	78,2048
		35	-177,05000	51,49139	,054	-356,8910	2,7910
	5	0	-44,48333	45,41114	,811	-203,0881	114,1215
		15	-124,88333	48,54655	,165	-294,4390	44,6723
		35	-221,53333*	54,27669	,023	-411,1023	-31,9643
	15	0	80,40000	45,41114	,424	-78,2048	239,0048
		5	124,88333	48,54655	,165	-44,6723	294,4390
		35	-96,65000	54,27669	,419	-286,2190	92,9190
	35	0	177,05000	51,49139	,054	-2,7910	356,8910
		5	221,53333*	54,27669	,023	31,9643	411,1023
		15	96,65000	54,27669	,419	-92,9190	286,2190
LSD	0	5	44,48333	45,41114	,356	-60,2349	149,2016
		15	-80,40000	45,41114	,115	-185,1183	24,3183
		35	-177,05000*	51,49139	,009	-295,7894	-58,3106
	5	0	-44,48333	45,41114	,356	-149,2016	60,2349
		15	-124,88333*	48,54655	,033	-236,8319	-12,9348
		35	-221,53333*	54,27669	,004	-346,6956	-96,3711
	15	0	80,40000	45,41114	,115	-24,3183	185,1183
		5	124,88333*	48,54655	,033	12,9348	236,8319
		35	-96,65000	54,27669	,113	-221,8123	28,5123
	35	0	177,05000*	51,49139	,009	58,3106	295,7894
		5	221,53333*	54,27669	,004	96,3711	346,6956
		15	96,65000	54,27669	,113	-28,5123	221,8123

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A69 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	44,48333	45,41114	,765	-154,7251	243,6917
		15	-80,40000	45,41114	,352	-279,6084	118,8084
		35	-177,05000	51,49139	,036	-402,9311	48,8311
	5	0	-44,48333	45,41114	,765	-243,6917	154,7251
		15	-124,88333	48,54655	,121	-337,8461	88,0794
		35	-221,53333	54,27669	,015	-459,6329	16,5663
	15	0	80,40000	45,41114	,352	-118,8084	279,6084
		5	124,88333	48,54655	,121	-88,0794	337,8461
		35	-96,65000	54,27669	,348	-334,7496	141,4496
	35	0	177,05000	51,49139	,036	-48,8311	402,9311
		5	221,53333	54,27669	,015	-16,5663	459,6329
		15	96,65000	54,27669	,348	-141,4496	334,7496
Scheffe	0	5	44,48333	45,41114	,811	-172,2234	261,1900
		15	-80,40000	45,41114	,424	-297,1067	136,3067
		35	-177,05000	51,49139	,054	-422,7723	68,8723
	5	0	-44,48333	45,41114	,811	-261,1900	172,2234
		15	-124,88333	48,54655	,165	-356,5525	106,7859
		35	-221,53333	54,27669	,023	-480,5474	37,4807
	15	0	80,40000	45,41114	,424	-136,3067	297,1067
		5	124,88333	48,54655	,165	-106,7859	356,5525
		35	-96,65000	54,27669	,419	-355,6640	162,3640
	35	0	177,05000	51,49139	,054	-68,6723	422,7723
		5	221,53333	54,27669	,023	-37,4807	480,5474
		15	96,65000	54,27669	,419	-162,3640	355,6640
LSD	0	5	44,48333	45,41114	,356	-107,8886	196,8553
		15	-80,40000	45,41114	,115	-232,7720	71,9720
		35	-177,05000*	51,49139	,009	-349,8236	-4,2764
	5	0	-44,48333	45,41114	,356	-196,8553	107,8886
		15	-124,88333	48,54655	,033	-287,7758	38,0092
		35	-221,53333*	54,27669	,004	-403,6527	-39,4140
	15	0	80,40000	45,41114	,115	-71,9720	232,7720
		5	124,88333	48,54655	,033	-38,0092	287,7758
		35	-96,65000	54,27669	,113	-278,7693	85,4693
	35	0	177,05000*	51,49139	,009	4,2764	349,8236
		5	221,53333*	54,27669	,004	39,4140	403,6527
		15	96,65000	54,27669	,113	-85,4693	278,7693

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A70 - ANOVA da actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4099,156	3	1366,385	37,515	,000
Within Groups	254,956	7	36,422		
Total	4354,112	10			

Tabela A71 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da raiz da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	4,03500	5,50926	,881	-14,2015	22,2715
		15	-26,08000*	4,92763	,005	-42,3912	-9,7688
		35	-43,56667*	4,92763	,000	-59,8779	-27,2554
	5	0	-4,03500	5,50926	,881	-22,2715	14,2015
		15	-30,11500*	5,50926	,004	-48,3515	-11,8785
		35	-47,60167*	5,50926	,000	-65,8382	-29,3651
	15	0	26,08000*	4,92763	,005	9,7688	42,3912
		5	30,11500*	5,50926	,004	11,8785	48,3515
		35	-17,48667*	4,92763	,037	-33,7979	-1,1754
	35	0	43,56667*	4,92763	,000	27,2554	59,8779
		5	47,60167*	5,50926	,000	29,3651	65,8382
		15	17,48667*	4,92763	,037	1,1754	33,7979
Scheffe	0	5	4,03500	5,50926	,907	-15,8598	23,9298
		15	-26,08000*	4,92763	,008	-43,8745	-8,2855
		35	-43,56667*	4,92763	,000	-61,3611	-25,7722
	5	0	-4,03500	5,50926	,907	-23,9298	15,8598
		15	-30,11500*	5,50928	,006	-50,0098	-10,2202
		35	-47,60167*	5,50926	,000	-67,4965	-27,7069
	15	0	26,08000*	4,92763	,008	8,2855	43,8745
		5	30,11500*	5,50926	,006	10,2202	50,0098
		35	-17,48667*	4,92763	,054	-35,2811	,3078
	35	0	43,56667*	4,92763	,000	25,7722	61,3811
		5	47,60167*	5,50926	,000	27,7069	67,4965
		15	17,48667	4,92763	,054	-,3078	35,2811
LSD	0	5	4,03500	5,50926	,488	-8,9923	17,0623
		15	-26,08000*	4,92763	,001	-37,7320	-14,4280
		35	-43,56667*	4,92763	,000	-55,2187	-31,9147
	5	0	-4,03500	5,50926	,488	-17,0623	8,9923
		15	-30,11500*	5,50928	,001	-43,1423	-17,0877
		35	-47,60167*	5,50926	,000	-60,6290	-34,5743
	15	0	26,08000*	4,92763	,001	14,4280	37,7320
		5	30,11500*	5,50926	,001	17,0877	43,1423
		35	-17,48667*	4,92763	,009	-29,1387	-5,8347
	35	0	43,56667*	4,92763	,000	31,9147	55,2187
		5	47,60167*	5,50926	,000	34,5743	60,6290
		15	17,48667*	4,92763	,009	5,8347	29,1387

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A72 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da CAT nos tecidos vegetais da raiz da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	4,03500	5,50926	,881	-21,4519	29,5219
		15	-26,08000*	4,92763	,005	-48,8762	-3,2838
		35	-43,56667*	4,92763	,000	-66,3629	-20,7705
	5	0	-4,03500	5,50926	,881	-29,5219	21,4519
		15	-30,11500*	5,50926	,004	-55,6019	-4,6281
		35	-47,60167*	5,50926	,000	-73,0886	-22,1147
	15	0	26,08000*	4,92763	,005	3,2838	48,8762
		5	30,11500*	5,50926	,004	4,6281	55,6019
		35	-17,48667	4,92763	,037	-40,2829	5,3095
	35	0	43,56667*	4,92763	,000	20,7705	66,3629
		5	47,60167*	5,50926	,000	22,1147	73,0886
		15	17,48667	4,92763	,037	-5,3095	40,2829
Scheffe	0	5	4,03500	5,50926	,907	-23,7055	31,7755
		15	-26,08000*	4,92763	,008	-50,8919	-1,2681
		35	-43,56667*	4,92763	,000	-68,3786	-18,7548
	5	0	-4,03500	5,50926	,907	-31,7755	23,7055
		15	-30,11500*	5,50926	,006	-57,8555	-2,3745
		35	-47,60167*	5,50926	,000	-75,3422	-19,8611
	15	0	26,08000*	4,92763	,008	1,2681	50,8919
		5	30,11500*	5,50926	,006	2,3745	57,8555
		35	-17,48667	4,92763	,054	-42,2986	7,3252
	35	0	43,56667*	4,92763	,000	18,7548	68,3786
		5	47,60167*	5,50926	,000	19,8611	75,3422
		15	17,48667	4,92763	,054	-7,3252	42,2986
LSD	0	5	4,03500	5,50926	,488	-15,2445	23,3145
		15	-26,08000*	4,92763	,001	-43,3242	-8,8358
		35	-43,56667*	4,92763	,000	-60,8108	-26,3225
	5	0	-4,03500	5,50926	,488	-23,3145	15,2445
		15	-30,11500*	5,50926	,001	-49,3945	-10,8355
		35	-47,60167*	5,50926	,000	-66,8812	-28,3221
	15	0	26,08000*	4,92763	,001	8,8358	43,3242
		5	30,11500*	5,50926	,001	10,8355	49,3945
		35	-17,48667*	4,92763	,009	-34,7308	-,2425
	35	0	43,56667*	4,92763	,000	26,3225	60,8108
		5	47,60167*	5,50926	,000	28,3221	66,8812
		15	17,48667*	4,92763	,009	,2425	34,7308

*. The mean difference is significant at the .01 level.

ANEXO XIII



Stress Oxidativo: Ascorbato – Peroxidase

Tabela A73 - ANOVA da actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea*

ANOVA

ActEnzPA						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Between Groups	,011	3	,004	31,520	,000	
Within Groups	,001	6	,000			
Total	,012	9				

Tabela A74 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,0198000	,0093591	,249	-,052198	,012598
		15	-,0903000*	,0093591	,000	-,122698	-,057902
		35	-,0303000	,0093591	,065	-,062698	,002098
	5	0	,0198000	,0093591	,249	-,012598	,052198
		15	-,0705000*	,0108069	,003	-,107911	-,033089
		35	-,0105000	,0108069	,770	-,047911	,026911
	15	0	,0903000*	,0093591	,000	,057902	,122698
		5	,0705000*	,0108069	,003	,033089	,107911
		35	,0600000*	,0108069	,006	,022589	,097411
	35	0	,0303000	,0093591	,065	-,002098	,062698
		5	,0105000	,0108069	,770	-,026911	,047911
		15	-,0600000*	,0108069	,006	-,097411	-,022589
Scheffe	0	5	-,0198000	,0093591	,309	-,055156	,015556
		15	-,0903000*	,0093591	,000	-,125656	-,054944
		35	-,0303000	,0093591	,090	-,065656	,005056
	5	0	,0198000	,0093591	,309	-,015556	,055156
		15	-,0705000*	,0108069	,004	-,111326	-,029674
		35	-,0105000	,0108069	,815	-,051326	,030326
	15	0	,0903000*	,0093591	,000	,054944	,125656
		5	,0705000*	,0108069	,004	,029674	,111326
		35	,0600000*	,0108069	,009	,019174	,100826
	35	0	,0303000	,0093591	,090	-,005056	,065656
		5	,0105000	,0108069	,815	-,030326	,051326
		15	-,0600000*	,0108069	,009	-,100826	-,019174
LSD	0	5	-,0198000	,0093591	,079	-,042701	,003101
		15	-,0903000*	,0093591	,000	-,113201	-,067399
		35	-,0303000*	,0093591	,018	-,053201	-,007399
	5	0	,0198000	,0093591	,079	-,003101	,042701
		15	-,0705000*	,0108069	,001	-,096944	-,044056
		35	-,0105000	,0108069	,369	-,036944	,015944
	15	0	,0903000*	,0093591	,000	,067399	,113201
		5	,0705000*	,0108069	,001	,044056	,096944
		35	,0600000*	,0108069	,001	,033556	,086444
	35	0	,0303000*	,0093591	,018	,007399	,053201
		5	,0105000	,0108069	,369	-,015944	,036944
		15	-,0600000*	,0108069	,001	-,086444	-,033556

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A75 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,0198000	,0093591	,249	-,066345	,026745
		15	-,0903000*	,0093591	,000	-,136845	-,043755
		35	-,0303000	,0093591	,065	-,076845	,016245
	5	0	,0198000	,0093591	,249	-,026745	,066345
		15	-,0705000*	,0108069	,003	-,124246	-,016754
		35	-,0105000	,0108069	,770	-,064246	,043246
	15	0	,0903000*	,0093591	,000	,043755	,136845
		5	,0705000*	,0108069	,003	,016754	,124246
		35	,0600000*	,0108069	,006	,006254	,113746
	35	0	,0303000	,0093591	,065	-,016245	,076845
		5	,0105000	,0108069	,770	-,043246	,064246
		15	-,0600000*	,0108069	,006	-,113746	-,006254
Scheffe	0	5	-,0198000	,0093591	,309	-,070494	,030894
		15	-,0903000*	,0093591	,000	-,140994	-,039606
		35	-,0303000	,0093591	,090	-,080994	,020394
	5	0	,0198000	,0093591	,309	-,030894	,070494
		15	-,0705000*	,0108069	,004	-,129036	-,011964
		35	-,0105000	,0108069	,815	-,069036	,048036
	15	0	,0903000*	,0093591	,000	,039606	,140994
		5	,0705000*	,0108069	,004	,011964	,129036
		35	,0600000*	,0108069	,009	,001464	,118536
	35	0	,0303000	,0093591	,090	-,020394	,080994
		5	,0105000	,0108069	,815	-,048036	,069036
		15	-,0600000*	,0108069	,009	-,118536	-,001464
LSD	0	5	-,0198000	,0093591	,079	-,054498	,014898
		15	-,0903000*	,0093591	,000	-,124998	-,055602
		35	-,0303000	,0093591	,018	-,064998	,004398
	5	0	,0198000	,0093591	,079	-,014898	,054498
		15	-,0705000*	,0108069	,001	-,110566	-,030434
		35	-,0105000	,0108069	,369	-,050566	,029566
	15	0	,0903000*	,0093591	,000	,055602	,124998
		5	,0705000*	,0108069	,001	,030434	,110566
		35	,0600000*	,0108069	,001	,019934	,100066
	35	0	,0303000	,0093591	,018	-,004398	,064998
		5	,0105000	,0108069	,369	-,029566	,050566
		15	-,0600000*	,0108069	,001	-,100066	-,019934

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A76 - ANOVA da actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,011	3	,004	23,265	,000
Within Groups	,001	8	,000		
Total	,012	11			

Tabela A77 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,0045667	,0095313	,962	-,025956	,035089
		15	-,0238500	,0108075	,201	-,058459	,010759
		35	-,0697667*	,0095313	,000	-,100289	-,039244
	5	0	-,0045667	,0095313	,962	-,035089	,025956
		15	-,0284167	,0113921	,135	-,064898	,008065
		35	-,0743333*	,0101894	,000	-,106963	-,041703
	15	0	,0238500	,0108075	,201	-,010759	,058459
		5	,0284167	,0113921	,135	-,008065	,064898
		35	-,0459167*	,0113921	,016	-,082398	-,009435
	35	0	,0697667*	,0095313	,000	,039244	,100289
		5	,0743333*	,0101894	,000	,041703	,106963
		15	,0459167*	,0113921	,016	,009435	,062398
Scheffe	0	5	,0045667	,0095313	,971	-,028723	,037856
		15	-,0238500	,0108075	,259	-,061597	,013897
		35	-,0697667*	,0095313	,001	-,103056	-,036477
	5	0	-,0045667	,0095313	,971	-,037856	,028723
		15	-,0284167	,0113921	,182	-,068205	,011372
		35	-,0743333*	,0101894	,001	-,109921	-,038746
	15	0	,0238500	,0108075	,259	-,013897	,061597
		5	,0284167	,0113921	,182	-,011372	,068205
		35	-,0459167*	,0113921	,025	-,085705	-,006128
	35	0	,0697667*	,0095313	,001	,036477	,103056
		5	,0743333*	,0101894	,001	,038746	,109921
		15	,0459167*	,0113921	,025	,006128	,085705
LSD	0	5	,0045667	,0095313	,645	-,017413	,026546
		15	-,0238500	,0108075	,058	-,048772	,001072
		35	-,0697667*	,0095313	,000	-,091746	-,047787
	5	0	-,0045667	,0095313	,645	-,026546	,017413
		15	-,0284167*	,0113921	,037	-,054687	-,002147
		35	-,0743333*	,0101894	,000	-,097830	-,050837
	15	0	,0238500	,0108075	,058	-,001072	,048772
		5	,0284167*	,0113921	,037	,002147	,054687
		35	-,0459167*	,0113921	,004	-,072187	-,019647
	35	0	,0697667*	,0095313	,000	,047787	,091746
		5	,0743333*	,0101894	,000	,050837	,097830
		15	,0459167*	,0113921	,004	,019647	,072187

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A78 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,0045667	,0095313	,962	-,037245	,046378
		15	-,0238500	,0108075	,201	-,071260	,023560
		35	-,0697667*	,0095313	,000	-,111578	-,027955
	5	0	-,0045667	,0095313	,962	-,046378	,037245
		15	-,0284167	,0113921	,135	-,078391	,021558
		35	-,0743333*	,0101894	,000	-,119032	-,029635
	15	0	,0238500	,0108075	,201	-,023560	,071260
		5	,0284167	,0113921	,135	-,021558	,078391
		35	-,0459167	,0113921	,016	-,095891	,004058
	35	0	,0697667*	,0095313	,000	,027955	,111578
		5	,0743333*	,0101894	,000	,029635	,119032
		15	,0459167	,0113921	,016	-,004058	,095891
Scheffe	0	5	,0045667	,0095313	,971	-,040918	,050051
		15	-,0238500	,0108075	,259	-,075424	,027724
		35	-,0697667*	,0095313	,001	-,115251	-,024282
	5	0	-,0045667	,0095313	,971	-,050051	,040918
		15	-,0284167	,0113921	,182	-,082781	,025947
		35	-,0743333*	,0101894	,001	-,122958	-,025709
	15	0	,0238500	,0108075	,259	-,027724	,075424
		5	,0284167	,0113921	,182	-,025947	,082781
		35	-,0459167	,0113921	,025	-,100281	,008447
	35	0	,0697667*	,0095313	,001	,024282	,115251
		5	,0743333*	,0101894	,001	,025709	,122958
		15	,0459167	,0113921	,025	-,008447	,100281
LSD	0	5	,0045667	,0095313	,645	-,027414	,036548
		15	-,0238500	,0108075	,058	-,060113	,012413
		35	-,0697667*	,0095313	,000	-,101748	-,037786
	5	0	-,0045667	,0095313	,645	-,036548	,027414
		15	-,0284167	,0113921	,037	-,066641	,009808
		35	-,0743333*	,0101894	,000	-,108523	-,040144
	15	0	,0238500	,0108075	,058	-,012413	,060113
		5	,0284167	,0113921	,037	-,009808	,066641
		35	-,0459167*	,0113921	,004	-,084141	-,007692
	35	0	,0697667*	,0095313	,000	,037786	,101748
		5	,0743333*	,0101894	,000	,040144	,108523
		15	,0459167*	,0113921	,004	,007692	,084141

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A79 - ANOVA da actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum*

ANOVA

ActEnzPA						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Between Groups	101,467	3	33,822	7,332	,011	
Within Groups	36,905	8	4,613			
Total	138,372	11				

Tabela A80 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	5,12900	1,79699	,082	-,6256	10,8836
		15 ppm	-1,90600	1,56854	,635	-6,9290	3,1170
		35 ppm	-4,44600	1,79699	,139	-10,2006	1,3086
	5 ppm	0 ppm	-5,12900	1,79699	,082	-10,8836	,6256
		15 ppm	-7,03500*	1,96068	,029	-13,3138	-,7562
		35 ppm	-9,57500*	2,14781	,009	-16,4530	-2,6970
	15 ppm	0 ppm	1,90600	1,56854	,635	-3,1170	6,9290
		5 ppm	7,03500*	1,96068	,029	,7562	13,3138
		35 ppm	-2,54000	1,96068	,590	-8,8188	3,7388
	35 ppm	0 ppm	4,44600	1,79699	,139	-1,3086	10,2006
		5 ppm	9,57500*	2,14781	,009	2,6970	16,4530
		15 ppm	2,54000	1,96068	,590	-3,7388	8,8188
Scheffe	0 ppm	5 ppm	5,12900	1,79699	,115	-1,1472	11,4052
		15 ppm	-1,90600	1,56854	,697	-7,3843	3,5723
		35 ppm	-4,44600	1,79699	,187	-10,7222	1,8302
	5 ppm	0 ppm	-5,12900	1,79699	,115	-11,4052	1,1472
		15 ppm	-7,03500*	1,96068	,044	-13,8829	-,1871
		35 ppm	-9,57500*	2,14781	,015	-17,0765	-2,0735
	15 ppm	0 ppm	1,90600	1,56854	,697	-3,5723	7,3843
		5 ppm	7,03500*	1,96068	,044	,1871	13,8829
		35 ppm	-2,54000	1,96068	,657	-9,3879	4,3079
	35 ppm	0 ppm	4,44600	1,79699	,187	-1,8302	10,7222
		5 ppm	9,57500*	2,14781	,015	2,0735	17,0765
		15 ppm	2,54000	1,96068	,657	-4,3079	9,3879
LSD	0 ppm	5 ppm	5,12900*	1,79699	,021	,9851	9,2729
		15 ppm	-1,90600	1,56854	,259	-5,5231	1,7111
		35 ppm	-4,44600*	1,79699	,038	-8,5899	-,3021
	5 ppm	0 ppm	-5,12900*	1,79699	,021	-9,2729	-,9851
		15 ppm	-7,03500*	1,96068	,007	-11,5563	-2,5137
		35 ppm	-9,57500*	2,14781	,002	-14,5279	-4,6221
	15 ppm	0 ppm	1,90600	1,56854	,259	-1,7111	5,5231
		5 ppm	7,03500*	1,96068	,007	2,5137	11,5563
		35 ppm	-2,54000	1,96068	,231	-7,0613	1,9813
	35 ppm	0 ppm	4,44600*	1,79699	,038	,3021	8,5899
		5 ppm	9,57500*	2,14781	,002	4,6221	14,5279
		15 ppm	2,54000	1,96068	,231	-1,9813	7,0613

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A81 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	5,12900	1,79699	,082	-2,7540	13,0120
		15 ppm	-1,90600	1,56854	,635	-8,7868	4,9748
		35 ppm	-4,44600	1,79699	,139	-12,3290	3,4370
	5 ppm	0 ppm	-5,12900	1,79699	,082	-13,0120	2,7540
		15 ppm	-7,03500	1,96068	,029	-15,6360	1,5660
		35 ppm	-9,57500*	2,14781	,009	-18,9970	-,1530
	15 ppm	0 ppm	1,90600	1,56854	,635	-4,9748	8,7868
		5 ppm	7,03500	1,96068	,029	-1,5660	15,6360
		35 ppm	-2,54000	1,96068	,590	-11,1410	6,0610
	35 ppm	0 ppm	4,44600	1,79699	,139	-3,4370	12,3290
		5 ppm	9,57500*	2,14781	,009	,1530	18,9970
		15 ppm	2,54000	1,96068	,590	-6,0610	11,1410
Scheffe	0 ppm	5 ppm	5,12900	1,79699	,115	-3,4464	13,7044
		15 ppm	-1,90600	1,56854	,697	-9,3912	5,5792
		35 ppm	-4,44600	1,79699	,187	-13,0214	4,1294
	5 ppm	0 ppm	-5,12900	1,79699	,115	-13,7044	3,4464
		15 ppm	-7,03500	1,96068	,044	-16,3915	2,3215
		35 ppm	-9,57500	2,14781	,015	-19,8246	,6746
	15 ppm	0 ppm	1,90600	1,56854	,697	-5,5792	9,3912
		5 ppm	7,03500	1,96068	,044	-2,3215	16,3915
		35 ppm	-2,54000	1,96068	,657	-11,8965	6,8165
	35 ppm	0 ppm	4,44600	1,79699	,187	-4,1294	13,0214
		5 ppm	9,57500	2,14781	,015	-,6746	19,8246
		15 ppm	2,54000	1,96068	,657	-6,8165	11,8965
LSD	0 ppm	5 ppm	5,12900	1,79699	,021	-,9006	11,1586
		15 ppm	-1,90600	1,56854	,259	-7,1691	3,3571
		35 ppm	-4,44600	1,79699	,038	-10,4756	1,5836
	5 ppm	0 ppm	-5,12900	1,79699	,021	-11,1586	,9006
		15 ppm	-7,03500*	1,96068	,007	-13,6138	-,4562
		35 ppm	-9,57500*	2,14781	,002	-16,7817	-2,3683
	15 ppm	0 ppm	1,90600	1,56854	,259	-3,3571	7,1691
		5 ppm	7,03500*	1,96068	,007	,4562	13,6138
		35 ppm	-2,54000	1,96068	,231	-9,1188	4,0388
	35 ppm	0 ppm	4,44600	1,79699	,038	-1,5836	10,4756
		5 ppm	9,57500*	2,14781	,002	2,3683	16,7817
		15 ppm	2,54000	1,96068	,231	-4,0388	9,1188

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A82 - ANOVA da actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	244,828	3	81,609	152,740	,000
Within Groups	4,274	8	,534		
Total	249,102	11			

Tabela A83 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	3,14100*	,61157	,004	1,1826	5,0994
		15 ppm	-6,74400*	,53382	,000	-8,4535	-5,0345
		35 ppm	-9,44900*	,81157	,000	-11,4074	-7,4906
	5 ppm	0 ppm	-3,14100*	,61157	,004	-5,0994	-1,1826
		15 ppm	-9,88500*	,66727	,000	-12,0218	-7,7482
		35 ppm	-12,59000*	,73098	,000	-14,9308	-10,2492
	15 ppm	0 ppm	6,74400*	,53382	,000	5,0345	8,4535
		5 ppm	9,88500*	,66727	,000	7,7482	12,0218
		35 ppm	-2,70500*	,66727	,015	-4,8418	-,5682
	35 ppm	0 ppm	9,44900*	,81157	,000	7,4906	11,4074
		5 ppm	12,59000*	,73098	,000	10,2492	14,9308
		15 ppm	2,70500*	,66727	,015	,5682	4,8418
Scheffe	0 ppm	5 ppm	3,14100*	,61157	,007	1,0050	5,2770
		15 ppm	-6,74400*	,53382	,000	-8,6084	-4,8796
		35 ppm	-9,44900*	,61157	,000	-11,5850	-7,3130
	5 ppm	0 ppm	-3,14100*	,61157	,007	-5,2770	-1,0050
		15 ppm	-9,88500*	,66727	,000	-12,2155	-7,5545
		35 ppm	-12,59000*	,73098	,000	-15,1430	-10,0370
	15 ppm	0 ppm	6,74400*	,53382	,000	4,8796	8,6084
		5 ppm	9,88500*	,66727	,000	7,5545	12,2155
		35 ppm	-2,70500*	,66727	,024	-5,0355	-,3745
	35 ppm	0 ppm	9,44900*	,81157	,000	7,3130	11,5850
		5 ppm	12,59000*	,73098	,000	10,0370	15,1430
		15 ppm	2,70500*	,66727	,024	,3745	5,0355
LSD	0 ppm	5 ppm	3,14100*	,61157	,001	1,7307	4,5513
		15 ppm	-6,74400*	,53382	,000	-7,9750	-5,5130
		35 ppm	-9,44900*	,61157	,000	-10,8593	-8,0387
	5 ppm	0 ppm	-3,14100*	,61157	,001	-4,5513	-1,7307
		15 ppm	-9,88500*	,66727	,000	-11,4237	-8,3463
		35 ppm	-12,59000*	,73098	,000	-14,2756	-10,9044
	15 ppm	0 ppm	6,74400*	,53382	,000	5,5130	7,9750
		5 ppm	9,88500*	,66727	,000	8,3463	11,4237
		35 ppm	-2,70500*	,66727	,004	-4,2437	-1,1663
	35 ppm	0 ppm	9,44900*	,81157	,000	8,0387	10,8593
		5 ppm	12,59000*	,73098	,000	10,9044	14,2756
		15 ppm	2,70500*	,66727	,004	1,1663	4,2437

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A84 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	3,14100*	,61157	,004	,4582	5,8238
		15 ppm	-6,74400*	,53382	,000	-9,0857	-4,4023
		35 ppm	-9,44900*	,61157	,000	-12,1318	-6,7662
	5 ppm	0 ppm	-3,14100*	,61157	,004	-5,8238	-,4582
		15 ppm	-9,88500*	,66727	,000	-12,8122	-6,9578
		35 ppm	-12,59000*	,73096	,000	-15,7966	-9,3834
	15 ppm	0 ppm	6,74400*	,53382	,000	4,4023	9,0857
		5 ppm	9,88500*	,66727	,000	6,9578	12,8122
		35 ppm	-2,70500	,66727	,015	-5,6322	,2222
	35 ppm	0 ppm	9,44900*	,61157	,000	6,7662	12,1318
		5 ppm	12,59000*	,73096	,000	9,3834	15,7966
		15 ppm	2,70500	,66727	,015	-,2222	5,6322
Scheffe	0 ppm	5 ppm	3,14100*	,61157	,007	,2225	6,0595
		15 ppm	-6,74400*	,53382	,000	-9,2914	-4,1966
		35 ppm	-9,44900*	,61157	,000	-12,3675	-6,5305
	5 ppm	0 ppm	-3,14100*	,61157	,007	-6,0595	-,2225
		15 ppm	-9,88500*	,66727	,000	-13,0693	-6,7007
		35 ppm	-12,59000*	,73096	,000	-16,0782	-9,1018
	15 ppm	0 ppm	6,74400*	,53382	,000	4,1966	9,2914
		5 ppm	9,88500*	,66727	,000	6,7007	13,0693
		35 ppm	-2,70500	,66727	,024	-5,8893	,4793
	35 ppm	0 ppm	9,44900*	,61157	,000	6,5305	12,3675
		5 ppm	12,59000*	,73096	,000	9,1018	16,0782
		15 ppm	2,70500	,66727	,024	-,4793	5,8893
LSD	0 ppm	5 ppm	3,14100*	,61157	,001	1,0890	5,1930
		15 ppm	-6,74400*	,53382	,000	-8,5352	-4,9528
		35 ppm	-9,44900*	,61157	,000	-11,5010	-7,3970
	5 ppm	0 ppm	-3,14100*	,61157	,001	-5,1930	-1,0890
		15 ppm	-9,88500*	,66727	,000	-12,1240	-7,6460
		35 ppm	-12,59000*	,73096	,000	-15,0427	-10,1373
	15 ppm	0 ppm	6,74400*	,53382	,000	4,9528	8,5352
		5 ppm	9,88500*	,66727	,000	7,6460	12,1240
		35 ppm	-2,70500*	,66727	,004	-4,9440	-,4660
	35 ppm	0 ppm	9,44900*	,61157	,000	7,3970	11,5010
		5 ppm	12,59000*	,73096	,000	10,1373	15,0427
		15 ppm	2,70500*	,66727	,004	,4660	4,9440

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A85 - ANOVA da actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	117,637	3	39,212	7,724	,013
Within Groups	35,536	7	5,077		
Total	153,173	10			

Tabela A86 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-2,33250	1,95126	,648	-8,7915	4,1265
		15	-4,78917	1,72085	,100	-10,4855	,9071
		35	-9,02750*	1,95126	,010	-15,4865	-2,5685
	5	0	2,33250	1,95126	,648	-4,1265	8,7915
		15	-2,45667	2,05681	,649	-9,2650	4,3517
		35	-6,69500	2,25312	,078	-14,1532	,7632
	15	0	4,78917	1,72085	,100	-,9071	10,4855
		5	2,45667	2,05681	,649	-4,3517	9,2650
		35	-4,23833	2,05681	,253	-11,0467	2,5700
	35	0	9,02750*	1,95126	,010	2,5685	15,4865
		5	6,69500	2,25312	,078	-,7632	14,1532
		15	4,23833	2,05681	,253	-2,5700	11,0467
Scheffe	0	5	-2,33250	1,95126	,709	-9,3788	4,7138
		15	-4,78917	1,72085	,136	-11,0034	1,4251
		35	-9,02750*	1,95126	,016	-16,0738	-1,9812
	5	0	2,33250	1,95126	,709	-4,7138	9,3788
		15	-2,45667	2,05681	,709	-9,8841	4,9708
		35	-6,69500	2,25312	,108	-14,8314	1,4414
	15	0	4,78917	1,72085	,136	-1,4251	11,0034
		5	2,45667	2,05681	,709	-4,9708	9,8841
		35	-4,23833	2,05681	,316	-11,6658	3,1891
	35	0	9,02750*	1,95126	,016	1,9812	16,0738
		5	6,69500	2,25312	,108	-1,4414	14,8314
		15	4,23833	2,05681	,316	-3,1891	11,6658
LSD	0	5	-2,33250	1,95126	,271	-6,9465	2,2815
		15	-4,78917*	1,72085	,027	-8,8583	-,7200
		35	-9,02750*	1,95126	,002	-13,6415	-4,4135
	5	0	2,33250	1,95126	,271	-2,2815	6,9465
		15	-2,45667	2,05681	,271	-7,3203	2,4069
		35	-6,69500*	2,25312	,021	-12,0228	-1,3672
	15	0	4,78917*	1,72085	,027	,7200	8,8583
		5	2,45667	2,05681	,271	-2,4069	7,3203
		35	-4,23833	2,05681	,078	-9,1019	,6253
	35	0	9,02750*	1,95126	,002	4,4135	13,6415
		5	6,69500*	2,25312	,021	1,3672	12,0228
		15	4,23833	2,05681	,078	-,6253	9,1019

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A87 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-2,33250	1,95126	,648	-11,3594	6,6944
		15	-4,78917	1,72085	,100	-12,7502	3,1718
		35	-9,02750*	1,95126	,010	-18,0544	-,0006
	5	0	2,33250	1,95126	,648	-6,6944	11,3594
		15	-2,45667	2,05681	,649	-11,9719	7,0586
		35	-6,69500	2,25312	,078	-17,1184	3,7284
	15	0	4,78917	1,72085	,100	-3,1718	12,7502
		5	2,45667	2,05681	,649	-7,0586	11,9719
		35	-4,23833	2,05681	,253	-13,7536	5,2769
	35	0	9,02750*	1,95126	,010	,0006	18,0544
		5	6,69500	2,25312	,078	-3,7284	17,1184
		15	4,23833	2,05681	,253	-5,2769	13,7536
Scheffe	0	5	-2,33250	1,95126	,709	-12,1576	7,4926
		15	-4,78917	1,72085	,136	-13,4541	3,8758
		35	-9,02750	1,95126	,016	-18,8526	,7976
	5	0	2,33250	1,95126	,709	-7,4926	12,1576
		15	-2,45667	2,05681	,709	-12,8133	7,8999
		35	-6,69500	2,25312	,108	-18,0401	4,6501
	15	0	4,78917	1,72085	,136	-3,8758	13,4541
		5	2,45667	2,05681	,709	-7,8999	12,8133
		35	-4,23833	2,05681	,316	-14,5949	6,1183
	35	0	9,02750	1,95126	,016	-,7976	18,8526
		5	6,69500	2,25312	,108	-4,6501	18,0401
		15	4,23833	2,05681	,316	-6,1183	14,5949
LSD	0	5	-2,33250	1,95126	,271	-9,1609	4,4959
		15	-4,78917	1,72085	,027	-10,8113	1,2329
		35	-9,02750*	1,95126	,002	-15,8559	-2,1991
	5	0	2,33250	1,95126	,271	-4,4959	9,1609
		15	-2,45667	2,05681	,271	-9,6544	4,7411
		35	-6,69500	2,25312	,021	-14,5798	1,1898
	15	0	4,78917	1,72085	,027	-1,2329	10,8113
		5	2,45667	2,05681	,271	-4,7411	9,6544
		35	-4,23833	2,05681	,078	-11,4361	2,9594
	35	0	9,02750*	1,95126	,002	2,1991	15,8559
		5	6,69500	2,25312	,021	-1,1898	14,5798
		15	4,23833	2,05681	,078	-2,9594	11,4361

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A88 - ANOVA da actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum*

ANOVA

ActEnzR						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Between Groups	13,215	3	4,405	25,121	,000	
Within Groups	1,578	9	,175			
Total	14,793	12				

Tabela A89 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da raiz da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,53667	,34190	,440	-,5307	1,6040
		15	-2,03333*	,31982	,001	-3,0318	-1,0349
		35	-,48000	,34190	,527	-1,5474	,5874
	5	0	-,53667	,34190	,440	-1,6040	,5307
		15	-2,57000*	,31982	,000	-3,5684	-1,5716
		35	-1,01667	,34190	,062	-2,0840	,0507
	15	0	2,03333*	,31982	,001	1,0349	3,0318
		5	2,57000*	,31982	,000	1,5716	3,5684
		35	1,55333*	,31982	,004	,5549	2,5518
	35	0	,48000	,34190	,527	-,5874	1,5474
		5	1,01667	,34190	,062	-,0507	2,0840
		15	-1,55333*	,31982	,004	-2,5518	-,5549
Scheffe	0	5	,53667	,34190	,514	-,6272	1,7005
		15	-2,03333*	,31982	,001	-3,1220	-,9446
		35	-,48000	,34190	,599	-1,6439	,6839
	5	0	-,53667	,34190	,514	-1,7005	,6272
		15	-2,57000*	,31982	,000	-3,6587	-1,4813
		35	-1,01667	,34190	,091	-2,1805	,1472
	15	0	2,03333*	,31982	,001	,9446	3,1220
		5	2,57000*	,31982	,000	1,4813	3,6587
		35	1,55333*	,31982	,007	,4646	2,6420
	35	0	,48000	,34190	,599	-,6839	1,6439
		5	1,01667	,34190	,091	-,1472	2,1805
		15	-1,55333*	,31982	,007	-2,6420	-,4646
LSD	0	5	,53667	,34190	,151	-,2368	1,3101
		15	-2,03333*	,31982	,000	-2,7568	-1,3098
		35	-,48000	,34190	,194	-1,2534	,2934
	5	0	-,53667	,34190	,151	-1,3101	,2368
		15	-2,57000*	,31982	,000	-3,2935	-1,8465
		35	-1,01667*	,34190	,016	-1,7901	-,2432
	15	0	2,03333*	,31982	,000	1,3098	2,7568
		5	2,57000*	,31982	,000	1,8465	3,2935
		35	1,55333*	,31982	,001	,8298	2,2768
	35	0	,48000	,34190	,194	-,2934	1,2534
		5	1,01667*	,34190	,016	-,2432	1,7901
		15	-1,55333*	,31982	,001	-2,2768	-,8298

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A90 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da APX nos tecidos vegetais da raiz da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,53667	,34190	,440	-,9034	1,9768
		15	-2,03333*	,31982	,001	-3,3804	-,6862
		35	-,48000	,34190	,527	-1,9201	,9601
	5	0	-,53667	,34190	,440	-1,9768	,9034
		15	-2,57000*	,31982	,000	-3,9171	-1,2229
		35	-1,01667	,34190	,062	-2,4568	,4234
	15	0	2,03333*	,31982	,001	,6862	3,3804
		5	2,57000*	,31982	,000	1,2229	3,9171
		35	1,55333*	,31982	,004	,2082	2,9004
	35	0	,48000	,34190	,527	-,9601	1,9201
		5	1,01667	,34190	,062	-,4234	2,4568
		15	-1,55333*	,31982	,004	-2,9004	-,2062
Scheffe	0	5	,53667	,34190	,514	-1,0292	2,1026
		15	-2,03333*	,31982	,001	-3,4981	-,5686
		35	-,48000	,34190	,599	-2,0459	1,0859
	5	0	-,53667	,34190	,514	-2,1026	1,0292
		15	-2,57000*	,31982	,000	-4,0348	-1,1052
		35	-1,01667	,34190	,091	-2,5826	,5492
	15	0	2,03333*	,31982	,001	,5686	3,4981
		5	2,57000*	,31982	,000	1,1052	4,0348
		35	1,55333*	,31982	,007	,0886	3,0181
	35	0	,48000	,34190	,599	-1,0859	2,0459
		5	1,01667	,34190	,091	-,5492	2,5826
		15	-1,55333*	,31982	,007	-3,0181	-,0886
LSD	0	5	,53667	,34190	,151	-,5745	1,6476
		15	-2,03333*	,31982	,000	-3,0727	-,9940
		35	-,48000	,34190	,194	-1,5911	,6311
	5	0	-,53667	,34190	,151	-1,6478	,5745
		15	-2,57000*	,31982	,000	-3,6094	-1,5306
		35	-1,01667	,34190	,016	-2,1278	,0945
	15	0	2,03333*	,31982	,000	,9940	3,0727
		5	2,57000*	,31982	,000	1,5306	3,6094
		35	1,55333*	,31982	,001	,5140	2,5927
	35	0	,48000	,34190	,194	-,6311	1,5911
		5	1,01667	,34190	,016	-,0945	2,1278
		15	-1,55333*	,31982	,001	-2,5927	-,5140

*. The mean difference is significant at the .01 level.

ANEXO XIV

Stress Oxidativo: Guaiacol – Peroxidase



Tabela A91 - ANOVA da actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	82,377	3	27,459	76,227	,000
Within Groups	2,882	8	,360		
Total	85,259	11			

Tabela A92 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-4,87750*	,51978	,000	-6,5420	-3,2130
		15	-5,79417*	,45840	,000	-7,2621	-4,3262
		35	-5,67417*	,45840	,000	-7,1421	-4,2062
	5	0	4,87750*	,51978	,000	3,2130	6,5420
		15	-,91667	,54789	,395	-2,6712	,8379
		35	-,79667	,54789	,504	-2,5512	,9579
	15	0	5,79417*	,45840	,000	4,3262	7,2621
		5	,91667	,54789	,395	-,8379	2,6712
		35	,12000	,49005	,994	-1,4493	1,6893
	35	0	5,67417*	,45840	,000	4,2062	7,1421
		5	,79667	,54789	,504	-,9579	2,5512
		15	-,12000	,49005	,994	-1,6893	1,4493
Scheffe	0	5	-4,87750*	,51978	,000	-6,6929	-3,0621
		15	-5,79417*	,45840	,000	-7,3952	-4,1931
		35	-5,67417*	,45840	,000	-7,2752	-4,0731
	5	0	4,87750*	,51978	,000	3,0621	6,6929
		15	-,91667	,54789	,468	-2,8303	,9969
		35	-,79667	,54789	,575	-2,7103	1,1169
	15	0	5,79417*	,45840	,000	4,1931	7,3952
		5	,91667	,54789	,468	-,9969	2,8303
		35	,12000	,49005	,996	-1,5916	1,8316
	35	0	5,67417*	,45840	,000	4,0731	7,2752
		5	,79667	,54789	,575	-1,1169	2,7103
		15	-,12000	,49005	,996	-1,8316	1,5916
LSD	0	5	-4,87750*	,51978	,000	-6,0761	-3,6789
		15	-5,79417*	,45840	,000	-6,8512	-4,7371
		35	-5,67417*	,45840	,000	-6,7312	-4,6171
	5	0	4,87750*	,51978	,000	3,6789	6,0761
		15	-,91667	,54789	,133	-2,1801	,3468
		35	-,79667	,54789	,184	-2,0601	,4668
	15	0	5,79417*	,45840	,000	4,7371	6,8512
		5	,91667	,54789	,133	-,3468	2,1801
		35	,12000	,49005	,813	-1,0101	1,2501
	35	0	5,67417*	,45840	,000	4,6171	6,7312
		5	,79667	,54789	,184	-,4668	2,0601
		15	-,12000	,49005	,813	-1,2501	1,0101

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A93 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-4,87750*	,51978	,000	-7,1577	-2,5973
		15	-5,79417*	,45840	,000	-7,8051	-3,7833
		35	-5,67417*	,45840	,000	-7,6851	-3,6633
	5	0	4,87750*	,51978	,000	2,5973	7,1577
		15	-,91667	,54789	,395	-3,3202	1,4868
		35	-,79667	,54789	,504	-3,2002	1,6068
	15	0	5,79417*	,45840	,000	3,7833	7,8051
		5	,91667	,54789	,395	-1,4868	3,3202
		35	,12000	,49005	,994	-2,0297	2,2697
	35	0	5,67417*	,45840	,000	3,6633	7,6851
		5	,79667	,54789	,504	-1,6068	3,2002
		15	-,12000	,49005	,994	-2,2697	2,0297
Scheffe	0	5	-4,87750*	,51978	,000	-7,3579	-2,3971
		15	-5,79417*	,45840	,000	-7,9817	-3,6066
		35	-5,67417*	,45840	,000	-7,8817	-3,4866
	5	0	4,87750*	,51978	,000	2,3971	7,3579
		15	-,91667	,54789	,468	-3,5313	1,6979
		35	-,79667	,54789	,575	-3,4113	1,8179
	15	0	5,79417*	,45840	,000	3,6066	7,9817
		5	,91667	,54789	,468	-1,6979	3,5313
		35	,12000	,49005	,996	-2,2186	2,4586
	35	0	5,67417*	,45840	,000	3,4866	7,8617
		5	,79667	,54789	,575	-1,8179	3,4113
		15	-,12000	,49005	,996	-2,4586	2,2186
LSD	0	5	-4,87750*	,51978	,000	-6,6216	-3,1334
		15	-5,79417*	,45840	,000	-7,3323	-4,2561
		35	-5,67417*	,45840	,000	-7,2123	-4,1361
	5	0	4,87750*	,51978	,000	3,1334	6,6216
		15	-,91667	,54789	,133	-2,7551	,9217
		35	-,79667	,54789	,184	-2,6351	1,0417
	15	0	5,79417*	,45840	,000	4,2561	7,3323
		5	,91667	,54789	,133	-,9217	2,7551
		35	,12000	,49005	,813	-1,5243	1,7643
	35	0	5,67417*	,45840	,000	4,1361	7,2123
		5	,79667	,54789	,164	-1,0417	2,6351
		15	-,12000	,49005	,813	-1,7643	1,5243

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A94 - ANOVA da actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	213,196	3	71,065	12,687	,001
Within Groups	61,614	11	5,601		
Total	274,811	14			

Tabela A95 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-4,98833	1,67352	,052	-10,0249	,0482
		15	-5,64167*	1,67352	,027	-10,6782	-,6051
		35	-9,95500*	1,67352	,000	-14,9915	-4,9185
	5	0	4,98833	1,67352	,052	-,0482	10,0249
		15	-,65333	1,93241	,986	-6,4690	5,1623
		35	-4,96667	1,93241	,103	-10,7823	,8490
	15	0	5,64167*	1,67352	,027	,6051	10,6782
		5	,65333	1,93241	,986	-5,1623	6,4690
		35	-4,31333	1,93241	,174	-10,1290	1,5023
	35	0	9,95500*	1,67352	,000	4,9185	14,9915
		5	4,96667	1,93241	,103	-,8490	10,7823
		15	4,31333	1,93241	,174	-1,5023	10,1290
Scheffe	0	5	-4,98833	1,67352	,079	-10,4785	,5018
		15	-5,64167*	1,67352	,043	-11,1318	-,1515
		35	-9,95500*	1,67352	,001	-15,4451	-4,4649
	5	0	4,98833	1,67352	,079	-,5018	10,4785
		15	-,65333	1,93241	,990	-6,9928	5,6861
		35	-4,96667	1,93241	,145	-11,3061	1,3728
	15	0	5,64167*	1,67352	,043	,1515	11,1318
		5	,65333	1,93241	,990	-5,6861	6,9928
		35	-4,31333	1,93241	,232	-10,6528	2,0261
	35	0	9,95500*	1,67352	,001	4,4649	15,4451
		5	4,96667	1,93241	,145	-1,3728	11,3061
		15	4,31333	1,93241	,232	-2,0261	10,6528
LSD	0	5	-4,98833*	1,67352	,013	-8,6717	-1,3049
		15	-5,64167*	1,67352	,006	-9,3251	-1,9583
		35	-9,95500*	1,67352	,000	-13,6384	-6,2716
	5	0	4,98833*	1,67352	,013	1,3049	8,6717
		15	-,65333	1,93241	,742	-4,9065	3,5999
		35	-4,96667*	1,93241	,026	-9,2199	-,7135
	15	0	5,64167*	1,67352	,006	1,9583	9,3251
		5	,65333	1,93241	,742	-3,5999	4,9065
		35	-4,31333*	1,93241	,047	-8,5665	-,0601
	35	0	9,95500*	1,67352	,000	6,2716	13,6384
		5	4,96667*	1,93241	,026	,7135	9,2199
		15	4,31333*	1,93241	,047	,0601	8,5665

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A96 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-4,98833	1,67352	,052	-11,6397	1,6630
		15	-5,64167	1,67352	,027	-12,2930	1,0097
		35	-9,95500*	1,67352	,000	-16,6064	-3,3036
	5	0	4,98833	1,67352	,052	-1,6630	11,6397
		15	-,65333	1,93241	,986	-8,3337	7,0270
		35	-4,96667	1,93241	,103	-12,6470	2,7137
	15	0	5,64167	1,67352	,027	-1,0097	12,2930
		5	,65333	1,93241	,986	-7,0270	8,3337
		35	-4,31333	1,93241	,174	-11,9937	3,3670
	35	0	9,95500*	1,67352	,000	3,3036	16,6064
		5	4,96667	1,93241	,103	-2,7137	12,6470
		15	4,31333	1,93241	,174	-3,3670	11,9937
Scheffe	0	5	-4,98833	1,67352	,079	-12,2156	2,2389
		15	-5,64167	1,67352	,043	-12,8689	1,5856
		35	-9,95500*	1,67352	,001	-17,1822	-2,7278
	5	0	4,98833	1,67352	,079	-2,2389	12,2156
		15	-,65333	1,93241	,990	-8,9986	7,6919
		35	-4,96667	1,93241	,145	-13,3119	3,3786
	15	0	5,64167	1,67352	,043	-1,5856	12,8689
		5	,65333	1,93241	,990	-7,6919	8,9986
		35	-4,31333	1,93241	,232	-12,6586	4,0319
	35	0	9,95500*	1,67352	,001	2,7278	17,1822
		5	4,96667	1,93241	,145	-3,3786	13,3119
		15	4,31333	1,93241	,232	-4,0319	12,6586
LSD	0	5	-4,98833	1,67352	,013	-10,1860	,2093
		15	-5,64167*	1,67352	,006	-10,8393	-,4440
		35	-9,95500*	1,67352	,000	-15,1526	-4,7574
	5	0	4,98833	1,67352	,013	-,2093	10,1860
		15	-,65333	1,93241	,742	-8,6550	5,3484
		35	-4,96667	1,93241	,026	-10,9684	1,0350
	15	0	5,64167*	1,67352	,006	,4440	10,8393
		5	,65333	1,93241	,742	-5,3484	6,6550
		35	-4,31333	1,93241	,047	-10,3150	1,6884
	35	0	9,95500*	1,67352	,000	4,7574	15,1526
		5	4,96667	1,93241	,026	-1,0350	10,9684
		15	4,31333	1,93241	,047	-1,6884	10,3150

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A97 - ANOVA da actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10,020	3	3,340	1,945	,176
Within Groups	20,608	12	1,717		
Total	30,629	15			

Tabela A98 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	1,30467	,95704	,544	-1,5367	4,1460
		15 ppm	-,98600	,82882	,644	-3,4467	1,4747
		35 ppm	,15467	,95704	,998	-2,6867	2,9960
	5 ppm	0 ppm	-1,30467	,95704	,544	-4,1460	1,5367
		15 ppm	-2,29067	,95704	,131	-5,1320	,5507
		35 ppm	-1,15000	1,07000	,711	-4,3267	2,0267
	15 ppm	0 ppm	,98600	,82882	,644	-1,4747	3,4467
		5 ppm	2,29067	,95704	,131	-,5507	5,1320
		35 ppm	1,14067	,95704	,643	-1,7007	3,9820
	35 ppm	0 ppm	-,15467	,95704	,998	-2,9960	2,6867
		5 ppm	1,15000	1,07000	,711	-2,0267	4,3267
		15 ppm	-1,14067	,95704	,643	-3,9820	1,7007
Scheffe	0 ppm	5 ppm	1,30467	,95704	,616	-1,7922	4,4015
		15 ppm	-,98600	,82882	,708	-3,6680	1,6980
		35 ppm	,15467	,95704	,999	-2,9422	3,2515
	5 ppm	0 ppm	-1,30467	,95704	,616	-4,4015	1,7922
		15 ppm	-2,29067	,95704	,182	-5,3875	,8062
		35 ppm	-1,15000	1,07000	,766	-4,6124	2,3124
	15 ppm	0 ppm	,98600	,82882	,708	-1,6960	3,6680
		5 ppm	2,29067	,95704	,182	-,8062	5,3875
		35 ppm	1,14067	,95704	,706	-1,9562	4,2375
	35 ppm	0 ppm	-,15467	,95704	,999	-3,2515	2,9422
		5 ppm	1,15000	1,07000	,766	-2,3124	4,6124
		15 ppm	-1,14067	,95704	,706	-4,2375	1,9562
LSD	0 ppm	5 ppm	1,30467	,95704	,198	-,7805	3,3899
		15 ppm	-,98600	,82882	,257	-2,7918	,8198
		35 ppm	,15467	,95704	,874	-1,9305	2,2399
	5 ppm	0 ppm	-1,30467	,95704	,198	-3,3899	,7805
		15 ppm	-2,29067*	,95704	,034	-4,3759	-,2055
		35 ppm	-1,15000	1,07000	,304	-3,4813	1,1813
	15 ppm	0 ppm	,98600	,82882	,257	-,8198	2,7918
		5 ppm	2,29067*	,95704	,034	,2055	4,3759
		35 ppm	1,14067	,95704	,256	-,9445	3,2259
	35 ppm	0 ppm	-,15467	,95704	,874	-2,2399	1,9305
		5 ppm	1,15000	1,07000	,304	-1,1813	3,4813
		15 ppm	-1,14067	,95704	,256	-3,2259	,9445

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A99 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	1,30467	,95704	,544	-2,4184	5,0278
		15 ppm	-,98600	,82882	,644	-4,2103	2,2383
		35 ppm	,15467	,95704	,998	-3,5684	3,8778
	5 ppm	0 ppm	-1,30467	,95704	,544	-5,0278	2,4184
		15 ppm	-2,29067	,95704	,131	-6,0138	1,4324
		35 ppm	-1,15000	1,07000	,711	-5,3126	3,0126
	15 ppm	0 ppm	,98600	,82882	,644	-2,2383	4,2103
		5 ppm	2,29067	,95704	,131	-1,4324	6,0138
		35 ppm	1,14067	,95704	,643	-2,5824	4,8638
	35 ppm	0 ppm	-,15467	,95704	,998	-3,8778	3,5684
		5 ppm	1,15000	1,07000	,711	-3,0126	5,3126
		15 ppm	-1,14067	,95704	,643	-4,8638	2,5824
Scheffe	0 ppm	5 ppm	1,30467	,95704	,616	-2,7396	5,3490
		15 ppm	-,98600	,82882	,708	-4,4885	2,5165
		35 ppm	,15467	,95704	,999	-3,8896	4,1990
	5 ppm	0 ppm	-1,30467	,95704	,616	-5,3490	2,7396
		15 ppm	-2,29067	,95704	,182	-6,3350	1,7536
		35 ppm	-1,15000	1,07000	,766	-5,6717	3,3717
	15 ppm	0 ppm	,98600	,82882	,708	-2,5165	4,4885
		5 ppm	2,29067	,95704	,182	-1,7536	6,3350
		35 ppm	1,14067	,95704	,706	-2,9036	5,1850
	35 ppm	0 ppm	-,15467	,95704	,999	-4,1990	3,8896
		5 ppm	1,15000	1,07000	,766	-3,3717	5,6717
		15 ppm	-1,14067	,95704	,706	-5,1850	2,9036
LSD	0 ppm	5 ppm	1,30467	,95704	,198	-1,6187	4,2280
		15 ppm	-,98600	,82882	,257	-3,5177	1,5457
		35 ppm	,15467	,95704	,874	-2,7687	3,0780
	5 ppm	0 ppm	-1,30467	,95704	,198	-4,2280	1,6187
		15 ppm	-2,29067	,95704	,034	-5,2140	,6327
		35 ppm	-1,15000	1,07000	,304	-4,4184	2,1184
	15 ppm	0 ppm	,98600	,82882	,257	-1,5457	3,5177
		5 ppm	2,29067	,95704	,034	-,6327	5,2140
		35 ppm	1,14067	,95704	,256	-1,7827	4,0640
	35 ppm	0 ppm	-,15467	,95704	,874	-3,0780	2,7687
		5 ppm	1,15000	1,07000	,304	-2,1184	4,4184
		15 ppm	-1,14067	,95704	,256	-4,0640	1,7827

Tabela A100 - ANOVA da actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	42,379	3	14,126	4,212	,053
Within Groups	23,474	7	3,353		
Total	65,854	10			

Tabela A101 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	4,43167	1,67170	,118	-1,1019	9,9653
		15 ppm	,30667	1,49521	,997	-4,6427	5,2561
		35 ppm	-1,38000	1,49521	,794	-6,3294	3,5694
	5 ppm	0 ppm	-4,43167	1,67170	,118	-9,9653	1,1019
		15 ppm	-4,12500	1,67170	,151	-9,6586	1,4086
		35 ppm	-5,81167*	1,67170	,040	-11,3453	-,2781
	15 ppm	0 ppm	-,30667	1,49521	,997	-5,2561	4,6427
		5 ppm	4,12500	1,67170	,151	-1,4086	9,6586
		35 ppm	-1,68667	1,49521	,685	-6,6361	3,2627
	35 ppm	0 ppm	1,38000	1,49521	,794	-3,5694	6,3294
		5 ppm	5,81167*	1,67170	,040	,2781	11,3453
		15 ppm	1,68667	1,49521	,685	-3,2627	6,6361
Scheffe	0 ppm	5 ppm	4,43167	1,67170	,159	-1,6051	10,4684
		15 ppm	,30667	1,49521	,998	-5,0928	5,7061
		35 ppm	-1,38000	1,49521	,836	-6,7794	4,0194
	5 ppm	0 ppm	-4,43167	1,67170	,159	-10,4684	1,6051
		15 ppm	-4,12500	1,67170	,198	-10,1618	1,9118
		35 ppm	-5,81167	1,67170	,059	-11,8484	,2251
	15 ppm	0 ppm	-,30667	1,49521	,998	-5,7061	5,0928
		5 ppm	4,12500	1,67170	,198	-1,9118	10,1618
		35 ppm	-1,68667	1,49521	,742	-7,0861	3,7128
	35 ppm	0 ppm	1,38000	1,49521	,836	-4,0194	6,7794
		5 ppm	5,81167	1,67170	,059	-,2251	11,8484
		15 ppm	1,68667	1,49521	,742	-3,7128	7,0661
LSD	0 ppm	5 ppm	4,43167*	1,67170	,033	,4787	8,3846
		15 ppm	,30667	1,49521	,843	-3,2289	3,8423
		35 ppm	-1,38000	1,49521	,387	-4,9156	2,1556
	5 ppm	0 ppm	-4,43167*	1,67170	,033	-8,3846	-,4787
		15 ppm	-4,12500*	1,67170	,043	-8,0779	-,1721
		35 ppm	-5,81167*	1,67170	,010	-9,7646	-1,8587
	15 ppm	0 ppm	-,30667	1,49521	,843	-3,8423	3,2289
		5 ppm	4,12500*	1,67170	,043	,1721	8,0779
		35 ppm	-1,68667	1,49521	,296	-5,2223	1,8489
	35 ppm	0 ppm	1,38000	1,49521	,387	-2,1556	4,9156
		5 ppm	5,81167*	1,67170	,010	1,8587	9,7646
		15 ppm	1,68667	1,49521	,296	-1,8489	5,2223

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A102 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0 ppm	5 ppm	4,43167	1,67170	,118	-3,3019	12,1653
		15 ppm	,30667	1,49521	,997	-6,6105	7,2238
		35 ppm	-1,38000	1,49521	,794	-8,2972	5,5372
	5 ppm	0 ppm	-4,43167	1,67170	,118	-12,1653	3,3019
		15 ppm	-4,12500	1,67170	,151	-11,8586	3,6086
		35 ppm	-5,81167	1,67170	,040	-13,5453	1,9219
	15 ppm	0 ppm	-,30667	1,49521	,997	-7,2238	6,6105
		5 ppm	4,12500	1,67170	,151	-3,6086	11,8586
		35 ppm	-1,68667	1,49521	,685	-8,6038	5,2305
	35 ppm	0 ppm	1,38000	1,49521	,794	-5,5372	8,2972
		5 ppm	5,81167	1,67170	,040	-1,9219	13,5453
		15 ppm	1,68667	1,49521	,685	-5,2305	8,6038
Scheffe	0 ppm	5 ppm	4,43167	1,67170	,159	-3,9858	12,8491
		15 ppm	,30667	1,49521	,998	-7,2221	7,8354
		35 ppm	-1,38000	1,49521	,836	-8,9088	6,1488
	5 ppm	0 ppm	-4,43167	1,67170	,159	-12,8491	3,9858
		15 ppm	-4,12500	1,67170	,198	-12,5424	4,2924
		35 ppm	-5,81167	1,67170	,059	-14,2291	2,6058
	15 ppm	0 ppm	-,30667	1,49521	,998	-7,8354	7,2221
		5 ppm	4,12500	1,67170	,198	-4,2924	12,5424
		35 ppm	-1,68667	1,49521	,742	-9,2154	5,8421
	35 ppm	0 ppm	1,38000	1,49521	,836	-6,1488	8,9088
		5 ppm	5,81167	1,67170	,059	-2,6058	14,2291
		15 ppm	1,68667	1,49521	,742	-5,8421	9,2154
LSD	0 ppm	5 ppm	4,43167	1,67170	,033	-1,4184	10,2817
		15 ppm	,30667	1,49521	,843	-4,9258	5,5391
		35 ppm	-1,38000	1,49521	,387	-6,6125	3,8525
	5 ppm	0 ppm	-4,43167	1,67170	,033	-10,2817	1,4184
		15 ppm	-4,12500	1,67170	,043	-9,9751	1,7251
		35 ppm	-5,81167	1,67170	,010	-11,6617	,0384
	15 ppm	0 ppm	-,30667	1,49521	,843	-5,5391	4,9258
		5 ppm	4,12500	1,67170	,043	-1,7251	9,9751
		35 ppm	-1,68667	1,49521	,296	-6,9191	3,5458
	35 ppm	0 ppm	1,38000	1,49521	,387	-3,8525	6,6125
		5 ppm	5,81167	1,67170	,010	-,0384	11,6617
		15 ppm	1,68667	1,49521	,296	-3,5458	6,9191

Tabela A103 - ANOVA da actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32,375	3	10,792	23,209	,000
Within Groups	4,650	10	,465		
Total	37,025	13			

Tabela A104 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-1,22267	,49798	,129	-2,7462	,3008
		15	-1,53267*	,49798	,049	-3,0562	-,0092
		35	-4,13933*	,49798	,000	-5,6628	-2,6158
	5	0	1,22267	,49798	,129	-,3008	2,7462
		15	-,31000	,55676	,943	-2,0133	1,3933
		35	-2,91667*	,55676	,002	-4,6200	-1,2133
	15	0	1,53267*	,49798	,049	,0092	3,0562
		5	,31000	,55676	,943	-1,3933	2,0133
		35	-2,60667*	,55676	,004	-4,3100	-,9033
	35	0	4,13933*	,49798	,000	2,6158	5,6628
		5	2,91667*	,55676	,002	1,2133	4,6200
		15	2,60667*	,55676	,004	,9033	4,3100
Scheffe	0	5	-1,22267	,49798	,177	-2,8836	,4383
		15	-1,53267	,49798	,073	-3,1936	,1283
		35	-4,13933*	,49798	,000	-5,8003	-2,4784
	5	0	1,22267	,49798	,177	-,4383	2,8836
		15	-,31000	,55676	,956	-2,1670	1,5470
		35	-2,91667*	,55676	,003	-4,7737	-1,0597
	15	0	1,53267	,49798	,073	-,1283	3,1936
		5	,31000	,55676	,956	-1,5470	2,1670
		35	-2,60667*	,55676	,007	-4,4637	-,7497
	35	0	4,13933*	,49798	,000	2,4784	5,8003
		5	2,91667*	,55676	,003	1,0597	4,7737
		15	2,60667*	,55676	,007	,7497	4,4637
LSD	0	5	-1,22267*	,49798	,034	-2,3322	-,1131
		15	-1,53267*	,49798	,012	-2,6422	-,4231
		35	-4,13933*	,49798	,000	-5,2489	-3,0298
	5	0	1,22267*	,49798	,034	,1131	2,3322
		15	-,31000	,55676	,590	-1,5505	,9305
		35	-2,91667*	,55676	,000	-4,1572	-1,6761
	15	0	1,53267*	,49798	,012	,4231	2,6422
		5	,31000	,55676	,590	-,9305	1,5505
		35	-2,60667*	,55676	,001	-3,8472	-1,3661
	35	0	4,13933*	,49798	,000	3,0298	5,2489
		5	2,91667*	,55676	,000	1,6761	4,1572
		15	2,60667*	,55676	,001	1,3661	3,8472

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A105 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-1,22267	,49798	,129	-3,2539	,8086
		15	-1,53267	,49798	,049	-3,5639	,4986
		35	-4,13933*	,49798	,000	-6,1706	-2,1081
	5	0	1,22267	,49798	,129	-,8086	3,2539
		15	-,31000	,55676	,943	-2,5810	1,9610
		35	-2,91667*	,55676	,002	-5,1877	-,6456
	15	0	1,53267	,49798	,049	-,4986	3,5639
		5	,31000	,55676	,943	-1,9610	2,5810
		35	-2,60667*	,55676	,004	-4,8777	-,3356
	35	0	4,13933*	,49798	,000	2,1081	6,1706
		5	2,91667*	,55676	,002	,6456	5,1877
		15	2,60667*	,55676	,004	,3356	4,8777
Scheffe	0	5	-1,22267	,49798	,177	-3,4305	,9852
		15	-1,53267	,49798	,073	-3,7405	,6752
		35	-4,13933*	,49798	,000	-6,3472	-1,9315
	5	0	1,22267	,49798	,177	-,9852	3,4305
		15	-,31000	,55676	,956	-2,7785	2,1585
		35	-2,91667*	,55676	,003	-5,3851	-,4482
	15	0	1,53267	,49798	,073	-,6752	3,7405
		5	,31000	,55676	,956	-2,1585	2,7785
		35	-2,60667*	,55676	,007	-5,0751	-,1382
	35	0	4,13933*	,49798	,000	1,9315	6,3472
		5	2,91667*	,55676	,003	,4482	5,3851
		15	2,60667*	,55676	,007	,1382	5,0751
LSD	0	5	-1,22267	,49798	,034	-2,8009	,3556
		15	-1,53267	,49798	,012	-3,1109	,0456
		35	-4,13933*	,49798	,000	-5,7176	-2,5611
	5	0	1,22267	,49798	,034	-,3556	2,8009
		15	-,31000	,55676	,590	-2,0745	1,4545
		35	-2,91667*	,55676	,000	-4,6812	-1,1521
	15	0	1,53267	,49798	,012	-,0456	3,1109
		5	,31000	,55676	,590	-1,4545	2,0745
		35	-2,60667*	,55676	,001	-4,3712	-,8421
	35	0	4,13933*	,49798	,000	2,5611	5,7176
		5	2,91667*	,55676	,000	1,1521	4,6812
		15	2,60667*	,55676	,001	,8421	4,3712

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A106 - ANOVA da actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7,184	3	2,395	7,066	,010
Within Groups	3,050	9	,339		
Total	10,234	12			

Tabela A107 - Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da raiz da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,31250	,44462	,893	-1,0755	1,7005
		15	-,87083	,44462	,271	-2,2588	,5172
		35	-1,62417*	,44462	,023	-3,0122	-,2362
	5	0	-,31250	,44462	,893	-1,7005	1,0755
		15	-1,18333	,47532	,129	-2,6672	,3005
		35	-1,93667*	,47532	,012	-3,4205	-,4528
	15	0	,87083	,44462	,271	-,5172	2,2588
		5	1,18333	,47532	,129	-,3005	2,6672
		35	-,75333	,47532	,432	-2,2372	,7305
	35	0	1,62417*	,44462	,023	,2362	3,0122
		5	1,93667*	,47532	,012	,4528	3,4205
		15	,75333	,47532	,432	-,7305	2,2372
Scheffe	0	5	,31250	,44462	,917	-1,2010	1,8260
		15	-,87083	,44462	,339	-2,3843	,6427
		35	-1,62417*	,44462	,035	-3,1377	-,1107
	5	0	-,31250	,44462	,917	-1,8260	1,2010
		15	-1,18333	,47532	,175	-2,8013	,4347
		35	-1,93667*	,47532	,020	-3,5547	-,3187
	15	0	,87083	,44462	,339	-,6427	2,3843
		5	1,18333	,47532	,175	-,4347	2,8013
		35	-,75333	,47532	,507	-2,3713	,8647
	35	0	1,62417*	,44462	,035	,1107	3,1377
		5	1,93667*	,47532	,020	,3187	3,5547
		15	,75333	,47532	,507	-,8647	2,3713
LSD	0	5	,31250	,44462	,500	-,6933	1,3183
		15	-,87083	,44462	,082	-1,8766	,1350
		35	-1,62417*	,44462	,005	-2,6300	-,6184
	5	0	-,31250	,44462	,500	-1,3183	,6933
		15	-1,18333*	,47532	,034	-2,2586	-,1081
		35	-1,93667*	,47532	,003	-3,0119	-,8614
	15	0	,87083	,44462	,082	-,1350	1,8766
		5	1,18333*	,47532	,034	,1081	2,2586
		35	-,75333	,47532	,147	-1,8286	,3219
	35	0	1,62417*	,44462	,005	,6184	2,6300
		5	1,93667*	,47532	,003	,8614	3,0119
		15	,75333	,47532	,147	-,3219	1,8286

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A108 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da GPX nos tecidos vegetais da raiz da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	,31250	,44462	,893	-1,5602	2,1852
		15	-,87083	,44462	,271	-2,7436	1,0019
		35	-1,62417	,44462	,023	-3,4969	,2486
	5	0	-,31250	,44462	,893	-2,1852	1,5602
		15	-1,18333	,47532	,129	-3,1854	,8187
		35	-1,93667	,47532	,012	-3,9387	,0654
	15	0	,87083	,44462	,271	-1,0019	2,7436
		5	1,18333	,47532	,129	-,8187	3,1854
		35	-,75333	,47532	,432	-2,7554	1,2487
	35	0	1,62417	,44462	,023	-,2486	3,4969
		5	1,93667	,47532	,012	-,0654	3,9387
		15	,75333	,47532	,432	-1,2487	2,7554
Scheffe	0	5	,31250	,44462	,917	-1,7238	2,3488
		15	-,87083	,44462	,339	-2,9072	1,1655
		35	-1,62417	,44462	,035	-3,6605	,4122
	5	0	-,31250	,44462	,917	-2,3488	1,7238
		15	-1,18333	,47532	,175	-3,3603	,9936
		35	-1,93667	,47532	,020	-4,1136	,2403
	15	0	,87083	,44462	,339	-1,1655	2,9072
		5	1,18333	,47532	,175	-,9936	3,3603
		35	-,75333	,47532	,507	-2,9303	1,4236
	35	0	1,62417	,44462	,035	-,4122	3,6605
		5	1,93667	,47532	,020	-,2403	4,1136
		15	,75333	,47532	,507	-1,4236	2,9303
LSD	0	5	,31250	,44462	,500	-1,1324	1,7574
		15	-,87083	,44462	,082	-2,3158	,5741
		35	-1,62417*	,44462	,005	-3,0691	-,1792
	5	0	-,31250	,44462	,500	-1,7574	1,1324
		15	-1,18333	,47532	,034	-2,7280	,3614
		35	-1,93667*	,47532	,003	-3,4814	-,3920
	15	0	,87083	,44462	,082	-,5741	2,3158
		5	1,18333	,47532	,034	-,3614	2,7280
		35	-,75333	,47532	,147	-2,2980	,7914
	35	0	1,62417*	,44462	,005	,1792	3,0691
		5	1,93667*	,47532	,003	,3920	3,4814
		15	,75333	,47532	,147	-,7914	2,2980

*. The mean difference is significant at the .01 level.

ANEXO XV

Stress Oxidativo: Superóxido – Dismutase



Tabela A109 - ANOVA da actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais na parte aérea da *B. juncea*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	186,456	3	62,152	12,664	,003
Within Groups	34,354	7	4,908		
Total	220,810	10			

Tabela A110 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-7,07333*	1,69199	,017	-12,6741	-1,4726
		15	,42500	1,91854	,996	-5,9257	6,7757
		35	4,82000	1,91854	,142	-1,5307	11,1707
	5	0	7,07333*	1,69199	,017	1,4726	12,6741
		15	7,49833*	2,02232	,030	,8041	14,1925
		35	11,89333*	2,02232	,003	5,1991	18,5875
	15	0	-,42500	1,91854	,996	-6,7757	5,9257
		5	-7,49833*	2,02232	,030	-14,1925	-,8041
		35	4,39500	2,21534	,279	-2,9381	11,7281
	35	0	-4,82000	1,91854	,142	-11,1707	1,5307
		5	-11,89333*	2,02232	,003	-18,5875	-5,1991
		15	-4,39500	2,21534	,279	-11,7281	2,9381
Scheffe	0	5	-7,07333*	1,69199	,026	-13,1834	-,9833
		15	,42500	1,91854	,997	-6,5032	7,3532
		35	4,82000	1,91854	,188	-2,1082	11,7482
	5	0	7,07333*	1,69199	,026	,9633	13,1834
		15	7,49833*	2,02232	,045	,1954	14,8013
		35	11,89333*	2,02232	,004	4,5904	19,1983
	15	0	-,42500	1,91854	,997	-7,3532	6,5032
		5	-7,49833*	2,02232	,045	-14,8013	-,1954
		35	4,39500	2,21534	,344	-3,6050	12,3950
	35	0	-4,82000	1,91854	,188	-11,7482	2,1082
		5	-11,89333*	2,02232	,004	-19,1963	-4,5904
		15	-4,39500	2,21534	,344	-12,3950	3,6050
LSD	0	5	-7,07333*	1,69199	,004	-11,0743	-3,0724
		15	,42500	1,91854	,831	-4,1116	4,9616
		35	4,82000*	1,91854	,040	,2834	9,3566
	5	0	7,07333*	1,69199	,004	3,0724	11,0743
		15	7,49833*	2,02232	,008	2,7163	12,2804
		35	11,89333*	2,02232	,001	7,1113	16,6754
	15	0	-,42500	1,91854	,831	-4,9616	4,1116
		5	-7,49833*	2,02232	,008	-12,2804	-2,7163
		35	4,39500	2,21534	,088	-,8434	9,6334
	35	0	-4,82000*	1,91854	,040	-9,3566	-,2834
		5	-11,89333*	2,02232	,001	-16,6754	-7,1113
		15	-4,39500	2,21534	,088	-9,6334	,8434

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A111 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da parte aérea da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-7,07333	1,69199	,017	-14,9008	,7542
		15	,42500	1,91854	,996	-8,4506	9,3006
		35	4,82000	1,91854	,142	-4,0556	13,6956
	5	0	7,07333	1,69199	,017	-,7542	14,9008
		15	7,49833	2,02232	,030	-1,8573	16,8540
		35	11,89333*	2,02232	,003	2,5377	21,2490
	15	0	-,42500	1,91854	,996	-9,3006	8,4506
		5	-7,49833	2,02232	,030	-16,8540	1,8573
		35	4,39500	2,21534	,279	-5,8536	14,6436
	35	0	-4,82000	1,91854	,142	-13,6956	4,0558
		5	-11,89333*	2,02232	,003	-21,2490	-2,5377
		15	-4,39500	2,21534	,279	-14,6436	5,8536
Scheffe	0	5	-7,07333	1,69199	,026	-15,5930	1,4463
		15	,42500	1,91854	,997	-9,2354	10,0854
		35	4,82000	1,91854	,188	-4,8404	14,4804
	5	0	7,07333	1,69199	,026	-1,4463	15,5930
		15	7,49833	2,02232	,045	-2,6846	17,6812
		35	11,89333*	2,02232	,004	1,7104	22,0762
	15	0	-,42500	1,91854	,997	-10,0854	9,2354
		5	-7,49833	2,02232	,045	-17,6812	2,6846
		35	4,39500	2,21534	,344	-6,7598	15,5498
	35	0	-4,82000	1,91854	,188	-14,4804	4,8404
		5	-11,89333*	2,02232	,004	-22,0762	-1,7104
		15	-4,39500	2,21534	,344	-15,5498	6,7598
LSD	0	5	-7,07333*	1,69199	,004	-12,9944	-1,1522
		15	,42500	1,91854	,831	-6,2889	7,1389
		35	4,82000	1,91854	,040	-1,8939	11,5339
	5	0	7,07333*	1,69199	,004	1,1522	12,9944
		15	7,49833*	2,02232	,008	,4213	14,5754
		35	11,89333*	2,02232	,001	4,8163	18,9704
	15	0	-,42500	1,91854	,831	-7,1389	6,2889
		5	-7,49833*	2,02232	,008	-14,5754	-,4213
		35	4,39500	2,21534	,088	-3,3575	12,1475
	35	0	-4,82000	1,91854	,040	-11,5339	1,8939
		5	-11,89333*	2,02232	,001	-18,9704	-4,8163
		15	-4,39500	2,21534	,088	-12,1475	3,3575

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A112 - ANOVA da actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais na raiz da *B. juncea*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	91,956	3	30,652	7,530	,006
Within Groups	40,706	10	4,071		
Total	132,662	13			

Tabela A113 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	6,11533*	1,47342	,009	1,6076	10,6231
		15	3,41200	1,47342	,159	-1,0957	7,9197
		35	5,44533*	1,47342	,018	,9376	8,9531
	5	0	-6,11533*	1,47342	,009	-10,6231	-1,6076
		15	-2,70333	1,64734	,401	-7,7431	2,3365
		35	-,67000	1,64734	,976	-5,7098	4,3698
	15	0	-3,41200	1,47342	,159	-7,9197	1,0957
		5	2,70333	1,64734	,401	-2,3365	7,7431
		35	2,03333	1,64734	,621	-3,0065	7,0731
	35	0	-5,44533*	1,47342	,018	-9,9531	-,9376
		5	,67000	1,64734	,976	-4,3698	5,7098
		15	-2,03333	1,64734	,621	-7,0731	3,0065
Scheffe	0	5	6,11533*	1,47342	,015	1,2009	11,0298
		15	3,41200	1,47342	,213	-1,5024	8,3264
		35	5,44533*	1,47342	,029	,5309	10,3598
	5	0	-6,11533*	1,47342	,015	-11,0298	-1,2009
		15	-2,70333	1,64734	,476	-8,1978	2,7912
		35	-,67000	1,64734	,982	-6,1645	4,8245
	15	0	-3,41200	1,47342	,213	-8,3264	1,5024
		5	2,70333	1,64734	,476	-2,7912	8,1978
		35	2,03333	1,64734	,686	-3,4612	7,5278
	35	0	-5,44533*	1,47342	,029	-10,3598	-,5309
		5	,67000	1,64734	,982	-4,8245	6,1645
		15	-2,03333	1,64734	,686	-7,5278	3,4612
LSD	0	5	6,11533*	1,47342	,002	2,8323	9,3983
		15	3,41200*	1,47342	,043	,1290	6,6950
		35	5,44533*	1,47342	,004	2,1623	8,7283
	5	0	-6,11533*	1,47342	,002	-9,3983	-2,8323
		15	-2,70333	1,64734	,132	-6,3738	,9672
		35	-,67000	1,64734	,693	-4,3405	3,0005
	15	0	-3,41200*	1,47342	,043	-6,6950	-,1290
		5	2,70333	1,64734	,132	-,9672	6,3738
		35	2,03333	1,64734	,245	-1,6372	5,7038
	35	0	-5,44533*	1,47342	,004	-8,7283	-2,1623
		5	,67000	1,64734	,693	-3,0005	4,3405
		15	-2,03333	1,64734	,245	-5,7038	1,6372

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A114 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da raiz da *B. juncea* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	6,11533*	1,47342	,009	,1052	12,1254
		15	3,41200	1,47342	,159	-2,5981	9,4221
		35	5,44533	1,47342	,018	-,5648	11,4554
	5	0	-6,11533*	1,47342	,009	-12,1254	-,1052
		15	-2,70333	1,64734	,401	-9,4228	4,0162
		35	-,67000	1,64734	,976	-7,3895	6,0495
	15	0	-3,41200	1,47342	,159	-9,4221	2,5981
		5	2,70333	1,64734	,401	-4,0162	9,4228
		35	2,03333	1,64734	,621	-4,6862	8,7528
	35	0	-5,44533	1,47342	,018	-11,4554	,5648
		5	,67000	1,64734	,976	-6,0495	7,3895
		15	-2,03333	1,64734	,621	-8,7528	4,6862
Scheffe	0	5	6,11533	1,47342	,015	-,4173	12,6479
		15	3,41200	1,47342	,213	-3,1206	9,9446
		35	5,44533	1,47342	,029	-1,0873	11,9779
	5	0	-6,11533	1,47342	,015	-12,6479	,4173
		15	-2,70333	1,64734	,476	-10,0070	4,6003
		35	-,67000	1,64734	,982	-7,9737	6,6337
	15	0	-3,41200	1,47342	,213	-9,9446	3,1206
		5	2,70333	1,64734	,476	-4,6003	10,0070
		35	2,03333	1,64734	,686	-5,2703	9,3370
	35	0	-5,44533	1,47342	,029	-11,9779	1,0873
		5	,67000	1,64734	,982	-6,6337	7,9737
		15	-2,03333	1,64734	,686	-9,3370	5,2703
LSD	0	5	6,11533*	1,47342	,002	1,4457	10,7850
		15	3,41200	1,47342	,043	-1,2577	8,0817
		35	5,44533*	1,47342	,004	,7757	10,1150
	5	0	-6,11533*	1,47342	,002	-10,7850	-1,4457
		15	-2,70333	1,64734	,132	-7,9242	2,5175
		35	-,67000	1,64734	,693	-5,8909	4,5509
	15	0	-3,41200	1,47342	,043	-8,0817	1,2577
		5	2,70333	1,64734	,132	-2,5175	7,9242
		35	2,03333	1,64734	,245	-3,1875	7,2542
	35	0	-5,44533*	1,47342	,004	-10,1150	-,7757
		5	,67000	1,64734	,693	-4,5509	5,8909
		15	-2,03333	1,64734	,245	-7,2542	3,1875

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A115 - ANOVA da actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais na parte aérea da *N. tabacum*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	456,097	3	152,032	20,250	,000
Within Groups	67,571	9	7,508		
Total	523,669	12			

Tabela A116 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	11,25833*	2,09275	,002	4,7252	17,7915
		15	-5,83833	2,09275	,082	-12,3715	,6948
		35	1,73500	2,09275	,840	-4,7982	8,2682
	5	0	-11,25833*	2,09275	,002	-17,7915	-4,7252
		15	-17,09667*	2,23725	,000	-24,0809	-10,1124
		35	-9,52333*	2,23725	,009	-16,5076	-2,5391
	15	0	5,83833	2,09275	,082	-,6948	12,3715
		5	17,09667*	2,23725	,000	10,1124	24,0809
		35	7,57333*	2,23725	,034	,5891	14,5576
	35	0	-1,73500	2,09275	,840	-8,2682	4,7982
		5	9,52333*	2,23725	,009	2,5391	16,5076
		15	-7,57333*	2,23725	,034	-14,5576	-,5891
Scheffe	0	5	11,25833*	2,09275	,004	4,1345	18,3822
		15	-5,83833	2,09275	,117	-12,9622	1,2855
		35	1,73500	2,09275	,874	-5,3889	8,8589
	5	0	-11,25833*	2,09275	,004	-18,3822	-4,1345
		15	-17,09667*	2,23725	,000	-24,7124	-9,4809
		35	-9,52333*	2,23725	,015	-17,1391	-1,9076
	15	0	5,83833	2,09275	,117	-1,2855	12,9622
		5	17,09667*	2,23725	,000	9,4809	24,7124
		35	7,57333	2,23725	,051	-,0424	15,1891
	35	0	-1,73500	2,09275	,874	-8,8589	5,3889
		5	9,52333*	2,23725	,015	1,9076	17,1391
		15	-7,57333	2,23725	,051	-15,1891	-,0424
LSD	0	5	11,25833*	2,09275	,000	6,5242	15,9925
		15	-5,83833*	2,09275	,021	-10,5725	-1,1042
		35	1,73500	2,09275	,429	-2,9991	6,4691
	5	0	-11,25833*	2,09275	,000	-15,9925	-6,5242
		15	-17,09667*	2,23725	,000	-22,1577	-12,0357
		35	-9,52333*	2,23725	,002	-14,5843	-4,4623
	15	0	5,83833*	2,09275	,021	1,1042	10,5725
		5	17,09667*	2,23725	,000	12,0357	22,1577
		35	7,57333*	2,23725	,008	2,5123	12,6343
	35	0	-1,73500	2,09275	,429	-6,4691	2,9991
		5	9,52333*	2,23725	,002	4,4623	14,5843
		15	-7,57333*	2,23725	,008	-12,6343	-2,5123

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A117 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da parte aérea da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	11,25833*	2,09275	,002	2,4436	20,0730
		15	-5,83833	2,09275	,082	-14,6530	2,9764
		35	1,73500	2,09275	,840	-7,0797	10,5497
	5	0	-11,25833*	2,09275	,002	-20,0730	-2,4436
		15	-17,09667*	2,23725	,000	-26,5200	-7,6734
		35	-9,52333*	2,23725	,009	-18,9466	-,1000
	15	0	5,83833	2,09275	,082	-2,9764	14,6530
		5	17,09667*	2,23725	,000	7,6734	26,5200
		35	7,57333	2,23725	,034	-1,8500	16,9966
	35	0	-1,73500	2,09275	,840	-10,5497	7,0797
		5	9,52333*	2,23725	,009	,1000	18,9466
		15	-7,57333	2,23725	,034	-16,9966	1,8500
Scheffe	0	5	11,25833*	2,09275	,004	1,6737	20,8430
		15	-5,83833	2,09275	,117	-15,4230	3,7463
		35	1,73500	2,09275	,874	-7,8497	11,3197
	5	0	-11,25833*	2,09275	,004	-20,8430	-1,6737
		15	-17,09667*	2,23725	,000	-27,3431	-8,8502
		35	-9,52333	2,23725	,015	-19,7698	,7231
	15	0	5,83833	2,09275	,117	-3,7463	15,4230
		5	17,09667*	2,23725	,000	6,8502	27,3431
		35	7,57333	2,23725	,051	-2,6731	17,8198
	35	0	-1,73500	2,09275	,874	-11,3197	7,8497
		5	9,52333	2,23725	,015	-,7231	19,7698
		15	-7,57333	2,23725	,051	-17,8198	2,6731
LSD	0	5	11,25833*	2,09275	,000	4,4572	18,0594
		15	-5,83833	2,09275	,021	-12,6394	,9628
		35	1,73500	2,09275	,429	-5,0661	8,5361
	5	0	-11,25833*	2,09275	,000	-18,0594	-4,4572
		15	-17,09667*	2,23725	,000	-24,3674	-9,8260
		35	-9,52333*	2,23725	,002	-16,7940	-2,2526
	15	0	5,83833	2,09275	,021	-,9628	12,6394
		5	17,09667*	2,23725	,000	9,8260	24,3674
		35	7,57333*	2,23725	,008	,3026	14,8440
	35	0	-1,73500	2,09275	,429	-8,5361	5,0661
		5	9,52333*	2,23725	,002	2,2526	16,7940
		15	-7,57333*	2,23725	,008	-14,8440	-,3026

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A118 - ANOVA da actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais na raiz da *N. tabacum*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	160,710	3	53,570	6,360	,027
Within Groups	50,537	6	8,423		
Total	211,247	9			

Tabela A119 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	5,61000	2,36966	,184	-2,5931	13,8131
		15	-1,11000	2,64936	,973	-10,2813	8,0613
		35	-5,69500	2,64936	,239	-14,8663	3,4763
	5	0	-5,61000	2,36966	,184	-13,8131	2,5931
		15	-6,72000	2,64936	,150	-15,8913	2,4513
		35	-11,30500*	2,64936	,020	-20,4763	-2,1337
	15	0	1,11000	2,64936	,973	-8,0613	10,2813
		5	6,72000	2,64936	,150	-2,4513	15,8913
		35	-4,58500	2,90222	,453	-14,6317	5,4617
	35	0	5,69500	2,64936	,239	-3,4763	14,8663
		5	11,30500*	2,64936	,020	2,1337	20,4763
		15	4,58500	2,90222	,453	-5,4617	14,6317
Scheffe	0	5	5,61000	2,36966	,236	-3,3419	14,5619
		15	-1,11000	2,64936	,980	-11,1185	8,8985
		35	-5,69500	2,64936	,298	-15,7035	4,3135
	5	0	-5,61000	2,36966	,236	-14,5619	3,3419
		15	-6,72000	2,64936	,196	-16,7285	3,2885
		35	-11,30500*	2,64936	,030	-21,3135	-1,2965
	15	0	1,11000	2,64936	,980	-8,8985	11,1185
		5	6,72000	2,64936	,196	-3,2885	16,7285
		35	-4,58500	2,90222	,523	-15,5488	6,3788
	35	0	5,69500	2,64936	,298	-4,3135	15,7035
		5	11,30500*	2,64936	,030	1,2965	21,3135
		15	4,58500	2,90222	,523	-6,3788	15,5488
LSD	0	5	5,61000	2,36966	,056	-,1883	11,4083
		15	-1,11000	2,64936	,690	-7,5927	5,3727
		35	-5,69500	2,64936	,075	-12,1777	,7877
	5	0	-5,61000	2,36966	,056	-11,4083	,1883
		15	-6,72000*	2,64936	,044	-13,2027	-,2373
		35	-11,30500*	2,64936	,005	-17,7877	-4,8223
	15	0	1,11000	2,64936	,690	-5,3727	7,5927
		5	6,72000*	2,64936	,044	,2373	13,2027
		35	-4,58500	2,90222	,165	-11,6865	2,5165
	35	0	5,69500	2,64936	,075	-,7877	12,1777
		5	11,30500*	2,64936	,005	4,8223	17,7877
		15	4,58500	2,90222	,165	-2,5165	11,6865

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A120 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da raiz da *N. tabacum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	5,61000	2,36966	,184	-6,1749	17,3949
		15	-1,11000	2,64936	,973	-14,2860	12,0660
		35	-5,69500	2,64936	,239	-18,8710	7,4810
	5	0	-5,61000	2,36966	,184	-17,3949	6,1749
		15	-6,72000	2,64936	,150	-19,8960	6,4560
		35	-11,30500	2,64936	,020	-24,4810	1,8710
	15	0	1,11000	2,64936	,973	-12,0660	14,2860
		5	6,72000	2,64936	,150	-6,4560	19,8960
		35	-4,58500	2,90222	,453	-19,0185	9,8485
	35	0	5,69500	2,64936	,239	-7,4810	18,8710
		5	11,30500	2,64936	,020	-1,8710	24,4810
		15	4,58500	2,90222	,453	-9,8485	19,0185
Scheffe	0	5	5,61000	2,36966	,236	-7,2253	18,4453
		15	-1,11000	2,64936	,980	-15,4603	13,2403
		35	-5,69500	2,64936	,298	-20,0453	8,6553
	5	0	-5,61000	2,36966	,236	-18,4453	7,2253
		15	-6,72000	2,64936	,196	-21,0703	7,6303
		35	-11,30500	2,64936	,030	-25,6553	3,0453
	15	0	1,11000	2,64936	,980	-13,2403	15,4603
		5	6,72000	2,64936	,196	-7,6303	21,0703
		35	-4,58500	2,90222	,523	-20,3049	11,1349
	35	0	5,69500	2,64936	,298	-8,6553	20,0453
		5	11,30500	2,64936	,030	-3,0453	25,6553
		15	4,58500	2,90222	,523	-11,1349	20,3049
LSD	0	5	5,61000	2,36966	,056	-3,1753	14,3953
		15	-1,11000	2,64936	,690	-10,9323	8,7123
		35	-5,69500	2,64936	,075	-15,5173	4,1273
	5	0	-5,61000	2,36966	,056	-14,3953	3,1753
		15	-6,72000	2,84936	,044	-16,5423	3,1023
		35	-11,30500*	2,64936	,005	-21,1273	-1,4827
	15	0	1,11000	2,64936	,690	-8,7123	10,9323
		5	6,72000	2,64936	,044	-3,1023	16,5423
		35	-4,58500	2,90222	,165	-15,3448	6,1748
	35	0	5,69500	2,84936	,075	-4,1273	15,5173
		5	11,30500*	2,64936	,005	1,4827	21,1273
		15	4,58500	2,90222	,165	-6,1748	15,3448

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabela A121 - ANOVA da actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais na parte aérea da *S. nigrum*

ANOVA

ActEnzPA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	163,087	3	54,362	2,706	,126
Within Groups	140,623	7	20,089		
Total	303,709	10			

Tabela A122 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-5,80333	4,09155	,527	-19,3470	7,7404
		15	-7,09667	3,65960	,294	-19,2105	5,0172
		35	1,94000	3,65960	,949	-10,1739	14,0539
	5	0	5,80333	4,09155	,527	-7,7404	19,3470
		15	-1,29333	4,09155	,988	-14,8370	12,2504
		35	7,74333	4,09155	,311	-5,8004	21,2870
	15	0	7,09667	3,65960	,294	-5,0172	19,2105
		5	1,29333	4,09155	,988	-12,2504	14,8370
		35	9,03667	3,65960	,150	-3,0772	21,1505
	35	0	-1,94000	3,65960	,949	-14,0539	10,1739
		5	-7,74333	4,09155	,311	-21,2870	5,8004
		15	-9,03667	3,65960	,150	-21,1505	3,0772
Scheffe	0	5	-5,80333	4,09155	,597	-20,5786	8,9719
		15	-7,09667	3,65960	,361	-20,3121	6,1187
		35	1,94000	3,65960	,961	-11,2754	15,1554
	5	0	5,80333	4,09155	,597	-8,9719	20,5786
		15	-1,29333	4,09155	,991	-16,0686	13,4819
		35	7,74333	4,09155	,379	-7,0319	22,5186
	15	0	7,09667	3,65960	,361	-6,1187	20,3121
		5	1,29333	4,09155	,991	-13,4819	16,0688
		35	9,03667	3,65960	,198	-4,1787	22,2521
	35	0	-1,94000	3,65960	,961	-15,1554	11,2754
		5	-7,74333	4,09155	,379	-22,5186	7,0319
		15	-9,03667	3,65960	,198	-22,2521	4,1787
LSD	0	5	-5,80333	4,09155	,199	-15,4783	3,8717
		15	-7,09667	3,65960	,094	-15,7502	1,5569
		35	1,94000	3,65960	,612	-6,7136	10,5936
	5	0	5,80333	4,09155	,199	-3,8717	15,4783
		15	-1,29333	4,09155	,761	-10,9683	8,3817
		35	7,74333	4,09155	,100	-1,9317	17,4183
	15	0	7,09667	3,65960	,094	-1,5569	15,7502
		5	1,29333	4,09155	,761	-8,3817	10,9683
		35	9,03667*	3,65960	,043	,3831	17,6902
	35	0	-1,94000	3,65960	,612	-10,5936	6,7136
		5	-7,74333	4,09155	,100	-17,4183	1,9317
		15	-9,03667*	3,65960	,043	-17,6902	-,3831

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabela A123 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da parte aérea da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzPA

	(I) CdPA	(J) CdPA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-5,80333	4,09155	,527	-24,7317	13,1250
		15	-7,09667	3,65960	,294	-24,0267	9,8334
		35	1,94000	3,65960	,949	-14,9900	18,8700
	5	0	5,80333	4,09155	,527	-13,1250	24,7317
		15	-1,29333	4,09155	,988	-20,2217	17,6350
		35	7,74333	4,09155	,311	-11,1850	26,6717
	15	0	7,09667	3,65960	,294	-9,8334	24,0267
		5	1,29333	4,09155	,988	-17,6350	20,2217
		35	9,03667	3,65960	,150	-7,8934	25,9667
	35	0	-1,94000	3,65960	,949	-18,8700	14,9900
		5	-7,74333	4,09155	,311	-26,6717	11,1850
		15	-9,03667	3,65960	,150	-25,9667	7,8934
Scheffe	0	5	-5,80333	4,09155	,597	-26,4054	14,7987
		15	-7,09667	3,65960	,361	-25,5237	11,3304
		35	1,94000	3,65960	,961	-16,4870	20,3670
	5	0	5,80333	4,09155	,597	-14,7987	26,4054
		15	-1,29333	4,09155	,991	-21,8954	19,3087
		35	7,74333	4,09155	,379	-12,8587	28,3454
	15	0	7,09667	3,65960	,361	-11,3304	25,5237
		5	1,29333	4,09155	,991	-19,3087	21,8954
		35	9,03667	3,65960	,198	-9,3904	27,4637
	35	0	-1,94000	3,65960	,961	-20,3670	16,4870
		5	-7,74333	4,09155	,379	-28,3454	12,8587
		15	-9,03667	3,65960	,198	-27,4637	9,3904
LSD	0	5	-5,80333	4,09155	,199	-20,1217	8,5150
		15	-7,09667	3,65960	,094	-19,9034	5,7100
		35	1,94000	3,65960	,612	-10,8667	14,7467
	5	0	5,80333	4,09155	,199	-8,5150	20,1217
		15	-1,29333	4,09155	,761	-15,6117	13,0250
		35	7,74333	4,09155	,100	-6,5750	22,0617
	15	0	7,09667	3,65960	,094	-5,7100	19,9034
		5	1,29333	4,09155	,761	-13,0250	15,6117
		35	9,03667	3,65960	,043	-3,7700	21,8434
	35	0	-1,94000	3,65960	,612	-14,7467	10,8667
		5	-7,74333	4,09155	,100	-22,0617	6,5750
		15	-9,03667	3,65960	,043	-21,8434	3,7700

Tabela A124 - ANOVA da actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais na raiz da *S. nigrum*

ANOVA

ActEnzR					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	59,166	3	19,722	1,789	,227
Within Groups	88,182	8	11,023		
Total	147,348	11			

Tabela A125 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da raiz da *S. nigrum* com $p < 0,05$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-,81667	2,71081	,990	-9,4976	7,8643
		15	-5,71000	2,71081	,230	-14,3910	2,9710
		35	-3,10667	2,71081	,674	-11,7876	5,5743
	5	0	,81667	2,71081	,990	-7,8643	9,4976
		15	-4,89333	2,71081	,338	-13,5743	3,7876
		35	-2,29000	2,71081	,832	-10,9710	6,3910
	15	0	5,71000	2,71081	,230	-2,9710	14,3910
		5	4,89333	2,71081	,338	-3,7876	13,5743
		35	2,60333	2,71081	,775	-6,0776	11,2843
	35	0	3,10667	2,71081	,674	-5,5743	11,7876
		5	2,29000	2,71081	,832	-6,3910	10,9710
		15	-2,60333	2,71081	,775	-11,2843	6,0776
Scheffe	0	5	-,81667	2,71081	,992	-10,2846	8,6512
		15	-5,71000	2,71081	,292	-15,1779	3,7579
		35	-3,10667	2,71081	,732	-12,5746	6,3612
	5	0	,81667	2,71081	,992	-8,6512	10,2846
		15	-4,89333	2,71081	,409	-14,3612	4,5746
		35	-2,29000	2,71081	,868	-11,7579	7,1779
	15	0	5,71000	2,71081	,292	-3,7579	15,1779
		5	4,89333	2,71081	,409	-4,5746	14,3612
		35	2,60333	2,71081	,820	-6,8646	12,0712
	35	0	3,10667	2,71081	,732	-6,3612	12,5746
		5	2,29000	2,71081	,868	-7,1779	11,7579
		15	-2,60333	2,71081	,820	-12,0712	6,8646
LSD	0	5	-,81667	2,71081	,771	-7,0678	5,4345
		15	-5,71000	2,71081	,068	-11,9611	,5411
		35	-3,10667	2,71081	,285	-9,3578	3,1445
	5	0	,81667	2,71081	,771	-5,4345	7,0678
		15	-4,89333	2,71081	,109	-11,1445	1,3578
		35	-2,29000	2,71081	,423	-8,5411	3,9611
	15	0	5,71000	2,71081	,068	-,5411	11,9611
		5	4,89333	2,71081	,109	-1,3578	11,1445
		35	2,60333	2,71081	,365	-3,6478	8,8545
	35	0	3,10667	2,71081	,285	-3,1445	9,3578
		5	2,29000	2,71081	,423	-3,9611	8,5411
		15	-2,60333	2,71081	,365	-8,8545	3,6478

Tabela A126 – Comparação múltipla entre os diferentes tratamentos de cádmio na actividade enzimática da SOD nos tecidos vegetais da raiz da *S. nigrum* com $p < 0,01$

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ActEnzR

	(I) CdR	(J) CdR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	0	5	-.81667	2,71081	,990	-12,7084	11,0750
		15	-5,71000	2,71081	,230	-17,6017	6,1817
		35	-3,10667	2,71081	,674	-14,9984	8,7850
	5	0	,81667	2,71081	,990	-11,0750	12,7084
		15	-4,89333	2,71081	,338	-16,7850	6,9984
		35	-2,29000	2,71081	,832	-14,1817	9,6017
	15	0	5,71000	2,71081	,230	-6,1817	17,6017
		5	4,89333	2,71081	,338	-6,9984	16,7850
		35	2,60333	2,71081	,775	-9,2884	14,4950
	35	0	3,10667	2,71081	,674	-8,7850	14,9984
		5	2,29000	2,71081	,832	-9,6017	14,1817
		15	-2,60333	2,71081	,775	-14,4950	9,2884
Scheffe	0	5	-.81667	2,71081	,992	-13,7529	12,1196
		15	-5,71000	2,71081	,292	-18,6463	7,2263
		35	-3,10667	2,71081	,732	-16,0429	9,8296
	5	0	,81667	2,71081	,992	-12,1196	13,7529
		15	-4,89333	2,71081	,409	-17,8296	8,0429
		35	-2,29000	2,71081	,868	-15,2263	10,6463
	15	0	5,71000	2,71081	,292	-7,2263	18,6463
		5	4,89333	2,71081	,409	-8,0429	17,8296
		35	2,60333	2,71081	,820	-10,3329	15,5396
	35	0	3,10667	2,71081	,732	-9,8296	16,0429
		5	2,29000	2,71081	,868	-10,6463	15,2263
		15	-2,60333	2,71081	,820	-15,5396	10,3329
LSD	0	5	-.81667	2,71081	,771	-9,9125	8,2792
		15	-5,71000	2,71081	,068	-14,8058	3,3858
		35	-3,10667	2,71081	,285	-12,2025	5,9892
	5	0	,81667	2,71081	,771	-8,2792	9,9125
		15	-4,89333	2,71081	,109	-13,9892	4,2025
		35	-2,29000	2,71081	,423	-11,3858	6,8058
	15	0	5,71000	2,71081	,068	-3,3858	14,8058
		5	4,89333	2,71081	,109	-4,2025	13,9892
		35	2,60333	2,71081	,365	-6,4925	11,6992
	35	0	3,10667	2,71081	,285	-5,9892	12,2025
		5	2,29000	2,71081	,423	-6,8058	11,3858
		15	-2,60333	2,71081	,365	-11,6992	6,4925