

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e o desenvolvimento da planta de Lúpulo (*Humulus lupulus* L.), em relação a quatro diferentes pHs e quatro diferentes níveis de adubação fosfatada, na região do Planalto Sul Catarinense. O experimento foi realizado em casa de vegetação na UDESC – Lages (SC), no período entre dezembro de 2015 e março de 2016.

Orientador: Marcelo Alves Moreira.

Coorientadores: Luciano Colpo Gatiboni;
Jefferson Luiz Meirelles Coimbra.

LAGES, 2016

ANO
2016

MARCUS VINÍCIUS RIBEIRO DE OLIVEIRA | CRESCIMENTO
DO LÚPULO INFLUENCIADO POR CALAGEM E FORNECIMENTO DE FÓSFORO



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CRESCIMENTO DO LÚPULO
INFLUENCIADO POR CALAGEM E
FORNECIMENTO DE FÓSFORO**

MARCUS VINÍCIUS RIBEIRO DE OLIVEIRA

LAGES, 2016

Ribeiro de Oliveira, Marcus Vinícius

Crescimento do lúpulo influenciado por calagem e fornecimento de fósforo / Marcus Vinícius Ribeiro de Oliveira. - Lages , 2016.

65 p.

Orientador: Marcelo Alves Moreira

Co-orientador: Luciano Colpo Gatiboni

Co-orientador: Jefferson Luis Meirelles Coimbra

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo, Lages, 2016.

1. Lúpulo (*Humulus lupulus* L.). 2. Adubação fosfatada. 3. Calagem. 4. Casa de vegetação. 5. Lages (SC). I. Alves Moreira, Marcelo. II. Colpo Gatiboni, Luciano. Meirelles Coimbra, Jefferson Luis .III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborado pelo autor, com auxílio do programa de geração automática da Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

MARCUS VINÍCIUS RIBEIRO DE OLIVEIRA

CRESCIMENTO DO LÚPULO INFLUENCIADO POR CALAGEM E FORNECIMENTO DE FÓSFORO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Marcelo Alves Moreira.

Coorientadores: Luciano Colpo Gatiboni;
Jefferson Luis Meirelles Coimbra.

Lages, SC

2016

MARCUS VINÍCIUS RIBEIRO DE OLIVEIRA

CRESCIMENTO DO LÚPULO INFLUENCIADO POR CALAGEM E FORNECIMENTO DE FÓSFORO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo na área de concentração Manejo do Solo.

Banca Examinadora:

Orientador: _____
Professor Dr. Marcelo Alves Moreira
Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro: _____
Professor Dr. Júlio Cesar Santos Pires
Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membro: _____
Professor Dr. Dennis Göss de Souza
Centro Universitário Facvest (UNIFACVEST)

Lages (SC), 20 / 12 /2016

A todos que lutam por um mundo melhor

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por tudo que tem me oferecido na vida na vida. Seguido da minha família e dos amigos. Gostaria de agradecer ao meu orientador Marcelo Alves Moreira por ter me dado a oportunidade de fazer o curso, pela orientação e pelo carinho e atenção que tem proporcionado a mim, sendo um amigo. Aos meus coorientadores Luciano Colpo Gatiboni e Jefferson Luís Meirelles Coimbra pela atenção e educação que tiveram comigo e a realização deste trabalho. Ao professor Júlio César Pires Santos, que foi um pai no meu experimento por ter conseguido os rizomas de lúpulo e ter me proporcionado toda ajuda que ele podia, pelo carinho, educação e atenção e pela sua amizade.

Para o pessoal dos laboratórios de Análises Químicas e Físicas por terem feitos às análises do solo e aos professores responsáveis desses laboratórios, a professora Maria Lucia Campos e o professor Álvaro Luiz Mafra, por terem permitidos as análises química e física do solo. Pelos meus colegas e amigos do programa de pós graduação de Ciência do Solo, principalmente aos meus colegas e amigos do laboratório de Química e Fertilidade, especialmente a Everson Sbruzzi e Élcio Bilibio Bonfada pelo companheirismo e ajuda no meu experimento. Aos professores e funcionários do CAV/ UDESC, especialmente ao pessoal dos serviços gerais que me deram muita ajuda.

A CAPES pela a bolsa de estudo. E pela UDESC por ter me proporcionado uma educação de qualidade e gratuita.

“Não desanimeis nunca, embora venham ventos
contrários”

Madre Paulina

RESUMO

O lúpulo (*Humulus lupulus L.*) é uma trepadeira, perene e pertencente à família Cannabaceae. Tendo sua importância na fabricação de remédios, produtos cosméticos e principalmente na produção cervejeira. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o crescimento da cultura do lúpulo (*Humulus lupulus L.*), em relação a 4 diferentes níveis de acidez e 4 diferentes níveis de adubação fosfatada. O experimento foi realizado em casa de vegetação da UDESC - Lages (SC), entre dezembro de 2015 até março de 2016. As mudas de lúpulo foram coletadas de uma propriedade rural da cidade de São Mateus do Sul (PR). O solo utilizado foi um Cambissolo Húmico Alumínico do município de Lages (SC), os solos foram calcareados, incubados e misturados até ficarem no pH (pH natural; pH 5,2; pH 6,0 e pH 6,5). Logo após esse período foram postos 1,5 kg de solo em vasos plásticos e adubados níveis de adubação fosfatada (0 ; 90 ; 180 ; 360 kg.ha⁻¹), sendo a fonte utilizada a solução de mono - amônio fosfato (MAP). As mudas foram transplantadas para os vasos plásticos com solo e deixadas por 120 dias até a sua colheita. Foram analisadas separadamente a raiz, o caule e a parte aérea, sendo determinadas a massa seca, nitrogênio total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e altura de planta. No solo foram analisados os teores de cálcio, magnésio, potássio, matéria orgânica, alumínio, alumínio mais hidrogênio, pH-água, pH-CaCl₂ e pH SMP utilizando a metodologia indicada por Tedesco et al (1995). Em relação ao pH tiveram diferenças significativas as massas secas da parte aérea, raiz e total, também tiveram o P, o Ca e o K na raiz e na parte aérea foram Ca e N. Já em relação às doses de P₂O₅ Obtiveram diferenças massa seca na parte aérea, raiz e total, o P no caule, raiz e o Mg na parte aérea. Tiveram interação calagem e adubação fosfatada as variáveis: altura de planta, P e K na parte aérea, Mg e N na raiz e o N no caule. Não obtiveram diferenças significativas a massa seca, o Ca, o Mg e o K no caule. Para as condições realizadas no experimento, as variáveis analisadas que obtiveram melhores resultados foram no pH 5,2 e a dose de 180 kg.ha⁻¹ de P₂O₅.

Palavras-chaves: Lúpulo (*Humulus lupulus L.*); pH; doses de P₂O₅.

ABSTRACT

Hops (*Humulus lupulus* L.) is a perennial climbing vine belonging to the family Cannabaceae. It is important in the manufacture of medicines, cosmetic products and mainly in brewing production. The objective of this research was to evaluate the growth of hops (*Humulus lupulus* L.) as a function of 4 different levels of acidity and 4 different levels of phosphate fertilization. The experiment was carried out in a greenhouse on UDESC - Lages (SC), between December 2015 and March 2016. Hop seedlings were collected from a rural property at São Mateus do Sul (PR). The soil used was an Alumínico Humic Cambisol from Lages (SC) and it were limed, incubated and mixed until they achieved the chosen pH (5.2, 6.0 and 6.5). Following this treatment, 1.5 kg of soil were placed in plastic pots and fertilized with phosphate (90, 180, 360 kg.ha⁻¹). The phosphorous source used was the mono-ammonium phosphate (MAP). The seedlings were transplanted to the plastic pots with soil and left for 120 days until their harvest. The root, stem and shoot were analyzed separately, being determined the dry mass, total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and plant height. Calcium, magnesium, potassium, organic matter, aluminum, aluminum plus hydrogen, pH-water, pH-CaCl₂ and pH SMP were analyzed using the methodology indicated by Tedesco et al. (1995). In relation to the pH, the dry masses of the aerial part, root and total were also significant, they also had the P, the Ca and the K in the root and in the aerial part were Ca and N. In relation to the P₂O₅ doses they obtained differences dry mass In the aerial part, root and total, the P in the stem, root and the Mg in the aerial part. The variables: plant height, P and K in aerial part, Mg and N in root and N in stem were interacted with liming and phosphate fertilization. There were no significant differences in dry matter, Ca, Mg and K in the stem. For the conditions performed in the experiment, the analyzed variables that obtained the best results were pH 5,2 and the dose of 180 kg.ha⁻¹ of P₂O₅.

Key-words: Hops (*Humulus lupulus* L.); pH; doses of P₂O₅.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta de lúpulo (<i>Humulus lupulus</i> L.).....	16
Figura 2 – Sistema treliça tenda polo.....	19
Figura 3 – Sistema treliça de polo reto.....	19
Figura 4 – Cones de lúpulo (<i>Humulus lupulus</i> L.).....	21
Figura 5 – Plantas de lúpulo (<i>Humulus lupulus</i> L.) do experimento com 65 dias.....	30
Figura 6 – Altura de planta (cm) em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹) nos pH 4,9 e 6,0.....	33
Figura 7 – Produção média de massa seca na parte aérea (g) em função de diferentes pHs.....	34
Figura 8 – Produção média de massa seca na parte aérea da planta (g) em função de diferentes doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹).....	35
Figura 9 – Produção média de massa seca na raiz (g) em função de diferentes pHs.....	35
Figura 10 – Produção média de massa seca na raiz (g) em função de diferentes doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹).....	36
Figura 11 – Produção média de massa seca total (g) em função de diferentes pHs.....	38
Figura 12 – Produção média de massa seca total (g) em função de diferentes doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹).....	38
Figura 13 - Acúmulo percentual de P (%) na parte aérea da planta em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹) em diferentes pHs.....	39
Figura 14 - Acúmulo médio de P no caule (%) em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹).....	40
Figura 15 - Acúmulo médio de P na raiz (%) em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹).....	41
Figura 16 - Acúmulo médio de P na raiz (%) em função de diferentes pHs.....	41
Figura 17 - Acúmulo médio de Ca na parte aérea da planta (%) em função a diferentes pHs.....	42

Figura 18 - Acúmulo médio de Ca na raiz (%) em função de diferentes pHs.....	43
Figura 19 - Acúmulo médio de Mg (%) na parte aérea da planta em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹).....	44
Figura 20 - Acúmulo de Mg (%) na raiz em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹) em diferentes pHs.....	45
Figura 21 - Acúmulo percentual de K na parte aérea da planta em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹) nos pH 4,9; 5,2; 6,0 e 6,5.....	46
Figura 22 - Acúmulo médio de K na raiz (%) em função de diferentes pHs.....	47
Figura 23 - Acúmulo de N (%) na parte aérea da planta em função de diferentes pHs.....	49
Figura 24 - Acúmulo de N no caule (%) em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹) no pH 4,9.....	49
Figura 25 - Acúmulo de percentual de N na raiz em função das doses de P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹) nos pH 4,9 e 6,0.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do lúpulo.....	18
Tabela 2 - Composição dos α -ácidos e percentagem dos constituintes dos α -ácidos.....	18
Tabela 3 - Composição dos β -ácidos e percentagem dos constituintes dos β -ácidos.....	18
Tabela 4 – Características químicas e físicas do Cambissolo Húmico alumínico, utilizado no experimento.....	29
Tabela 5 – Produção média de massa seca no caule (g) nas diferentes doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) em relação a diferentes pHs. ns = não significativo ($p < 5\%$).....	36
Tabela 6 – Quantidade de Ca no caule (%) nas diferentes doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) em relação a diferentes pHs. ns = não significativo ($p < 5\%$).....	43
Tabela 7 – Quantidade de Mg no caule (%) nas diferentes doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) em relação a diferentes pHs. ns = não significativo ($p < 5\%$).....	45
Tabela 8 – Quantidade de K no caule (%) nas diferentes doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) em relação a diferentes pHs. ns = não significativo ($p < 5\%$).....	48

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice I	- Variáveis analisadas no tecido vegetal em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) no pH 4,9.....	55
Apêndice II	- Variáveis analisadas no tecido vegetal em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) no pH 5,2.....	56
Apêndice III	- Variáveis analisadas no tecido vegetal em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) no pH 6,0.....	57
Apêndice IV	- Variáveis analisadas no tecido vegetal em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) no pH 6,5.....	58
Apêndice V	- Variáveis analisadas no solo em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) no pH 4,9.....	59
Apêndice VI	- Variáveis analisadas no solo em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) no pH 5,2.....	60
Apêndice VII	- Variáveis analisadas no solo em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) no pH 6,0.....	61
Apêndice VIII	- Variáveis analisadas no solo em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) no pH 6,5.....	62
Apêndice IX	- Regressões com as variáveis analisadas no solo (P, K, Mg, Ca, H+Al, saturação por bases, saturação Al, índice SMP, pH-H ₂ O, pH-CaCl ₂ , CTC efetiva, CTC pH 7 e Matéria Orgânica nos pH 4,9; 5,2; 6,0 e 6,5. As tabelas em questão representam os resultados que apresentaram diferenças estatisticamente significativas.....	63
Apêndice X	- Quantidade de Alumínio no solo em relação ao pH, sendo o eixo Y a concentração de Al ($cmoc.dm^{-3}$) e o eixo X o pH.....	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	O LÚPULO (<i>HUMULUS LUPULUS</i> L,).....	16
2.2	pH DO SOLO.....	22
2.3	FÓSFORO (P).....	23
3	HIPÓTESE.....	26
4	OBJETIVOS.....	27
4.1	OBJETIVO GERAL.....	27
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1	DESCRIÇÃO DO LOCAL DE COLETA DAS MUDAS.....	28
5.2	DESCRIÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO.....	28
5.3	DESCRIÇÕES DOS TRATAMENTOS.....	28
5.3.1	Preparo do solo.....	28
5.3.2	Cultivo do lúpulo.....	29
5.3.3	Tratos culturais realizados no experimento.....	30
5.4	ANÁLISES DO TECIDO VEGETAL E DO SOLO.....	31
5.3.1	Análises do tecido vegetal.....	31
5.3.2	Análise do solo.....	31
5.3.3	Parâmetros de planta analisados.....	32
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
6.1	ALTURA DE PLANTA.....	33
6.2	PRODUÇÃO DE MASSA SECA.....	34
6.3	ABSORÇÃO DE NUTRIENTES.....	39
6.3.1	Fósforo (P).....	39
6.3.2	Cálcio (Ca).....	42

6.3.3	Magnésio (Mg)	44
6.3.4	Potássio (K)	46
6.3.5	Nitrogênio (N)	48
7	CONCLUSÃO	51
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
9	APÊNDICES	55

1 INTRODUÇÃO

O lúpulo (*Humulus lupulus L*) é uma trepadeira, perene, natural de zona temperada do Hemisfério Norte. Sendo utilizado em produtos cosméticos, na fabricação de remédios e principalmente na produção de cervejas (MARCOS et al., 2011; PERAGINE, 2011).

O lúpulo é documentado desde o século VIII na Baviera, sendo usado como planta medicinal e aditiva aromatizante. Foram com os monges durante a Idade Média que foi descoberta as propriedades do lúpulo de proporcionar o amargo e a conservação da cerveja (MARCOS et al., 2011).

No Brasil existem poucas plantações de lúpulo, por ter poucos locais propícios para a sua implantação. De acordo com a Radtke et al, (1999), a temperatura média ideal para o crescimento e desenvolvimento da cultura do lúpulo é igual ou menor a 19,5 °C e a somatório do excesso hídrico é igual ou menor 100 mm. O Planalto Sul Catarinense possuem condições climáticas propícias para a implantação da cultura do lúpulo, com temperatura média (de outubro a fevereiro) de 16,0 a 18,4 e somatório do excesso hídrico (de dezembro a janeiro) igual ou menor que 100 mm (RADTKE et al., 1999).

Em 2015 a quantidade de área total plantada de lúpulo mundialmente teve um alcance de 51.512 ha e uma produção total de 87.415 toneladas, sendo os maiores produtores a Alemanha, os Estados Unidos da América, a República Checa e a China (ECONOMIC COMMISSION SUMMARY REPORTS, 2016).

Com uma produção anual de aproximadamente de 13,3 bilhões de litros de cerveja o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo (CERVESIA, 2015), sendo o lúpulo um dos seus principais ingredientes. Hoje o lúpulo utilizado na indústria cervejeira é importado dos países produtores citados anteriormente (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015), ocasionando uma elevação no valor do produto, por isso é de extrema importância que haja incentivos para o cultivo do lúpulo (em regiões aptas para a sua produção) e incentivos para as pesquisas com a planta de *Humulus lupulus L*. Resultando em menos importações dos produtos do lúpulo e assim ocasionando diminuição nos custos de produção.

O fósforo tem uma interação positiva com outros nutrientes como o magnésio e o nitrogênio (SILVA; TREVIZAM, 2015), fazendo com que seja um dos principais nutrientes limitantes para o crescimento de uma planta (GRANT, 2001).

A determinação do pH, serve para quantificar o nível de acidez de um solo, em pH abaixo de 7 são considerados solos ácidos e acima de 7 de alcalinos (LOPES et al., 1991). Em pH 5,5 não há mais Al e Mn a nível tóxico para a planta e assim não inibindo o crescimento radicular e além disso aumenta a disponibilidade de nutrientes para a planta, por este motivo a prática da calagem em solos muito ácidos é essencial para se obter alto rendimento.

O presente trabalho, tem por objetivos avaliar o melhor pH e adubação fosfatada e acompanhar o crescimento da planta de lúpulo na região do Planalto Sul Catarinense.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O LÚPULO (*HUMULUS LUPULUS* L.)

O *Humulus lupulus* L. (figura 3), conhecida popularmente como lúpulo, é uma planta perene, dioica, pertencente à família Cannabaceae (SOUSA, 2005). O caule é peludo, oco, de cor verde ou violeta e de seção geralmente hexagonal que cresce em sentido destrógiro (MARCOS et al., 2011). Das estípulas presente no caule que saem as folhas, que são opostas. As folhas surgem de forma oposta nos nós, são pentalobuladas na base, trilobuladas nas partes médias e inteiras na parte superior, os bordos são serrados e apresentam-se pubescentes na página inferior (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015).

Figura 1 – Planta de lúpulo (*Humulus lupulus* L.).



Fonte: Köhler, 1897.

O lúpulo tem uma forte dominância apical. Para não cessar o crescimento vertical, praticamente não aparecem as ramas laterais em que se produzem as flores. As flores da planta masculina se agrupam em panículas, com um perianto formado por 5 sépalas de cor verde amarelento e cinco anteras de filamentos curtos. As anteras possuem um sulco onde as glândulas de resinas estão armazenadas (MARCOS et al., 2011). Já as flores da planta feminina são espigas curtas, designadas de cones (figura 4). As espigas apresentam uma ráquis central e brácteas e bractéolas a proteger a flor (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015).

Quando estas inflorescências maduram, o eixo central se engrossa, as brácteas e bractéolas se ampliam e se produz o estróbilo (também chamado “cone”), sendo a forma que é comercializada a planta. O valor comercial das flores de lúpulo se dá principalmente das glândulas de lupulina presentes nos cones (MARCOS et al., 2011). Somente as flores fêmeas são utilizadas para a produção de cerveja, porque as plantas machos têm apenas 10 a 15 glândulas de resinas, enquanto as plantas fêmeas possuem 10000 ou mais glândulas de resinas, tendo a principal função, as flores machos fazerem a reprodução, o melhoramento das plantas fêmeas, sendo que para isso são necessários uma planta macho para cada 100 plantas fêmeas (KNEEN, 2003).

As glândulas de lupulina armazenam grandes quantidades de resinas e óleos essenciais (FARAG; WESSJOHANN, 2012) (ver tabela 1), sendo essas substâncias responsáveis por conferir ao lúpulo diversas propriedades, como: anti-inflamatórias, anti-bacterianas, antioxidantes e outros efeitos bioativos (DIÁRIO CATARINENSE, 2013). A resina é constituída por α -ácidos (ver tabela 2) e β -ácidos (ver tabela 3), sendo essas substâncias responsáveis pela amargura da cerveja (CANBAŞ; ERTEN; ÖZŞAHİN, 2001). Os óleos essenciais são compostos químicos responsáveis pela componente aromática das várias cultivares e proporcionando aroma para a cerveja (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015).

Tabela 1 - Composição química do lúpulo.

Composição	%
Resinas totais	12 – 21
α -ácidos	4 – 10
β -Ácidos	3 – 6
Óleos essenciais	0,5 – 2
Celulose	10 – 17
Taninos	2 – 6
Água	8 – 14
Proteínas	12 – 24
Cinzas	7 – 10

Fonte: REINOLD, 1997.

Tabela 2 - Composição dos α -ácidos e percentagem dos constituintes dos α -ácidos.

Composição	%
Humulona	35 - 70
Cohumulona	20 – 55
Adhumulona	10 – 15
Prehumulona	1 – 10
Poshumulona	1 – 5

Fonte: SOUSA, 2005.

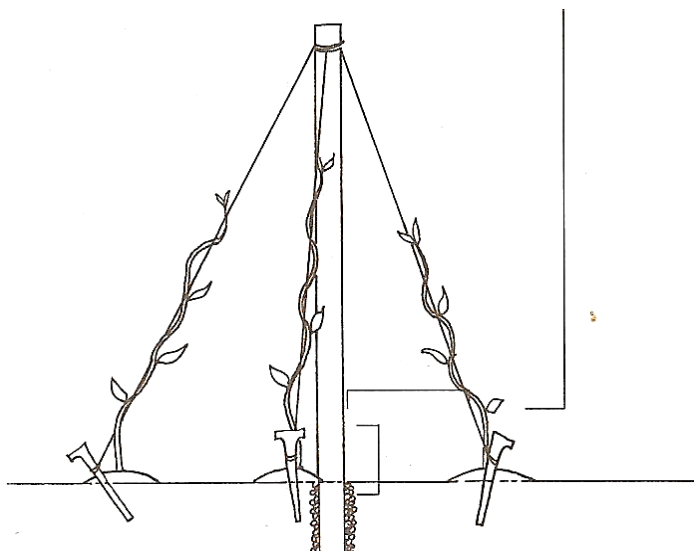
Tabela 3 - Composição dos β -ácidos e percentagem dos constituintes dos β -ácidos.

Composição	%
Lupulona	30 – 55
Colupulona	20 – 55
Adlupulona	5 – 10
Prelupulona	1 – 3
Postlupulona	---

Fonte: SOUSA, 2005.

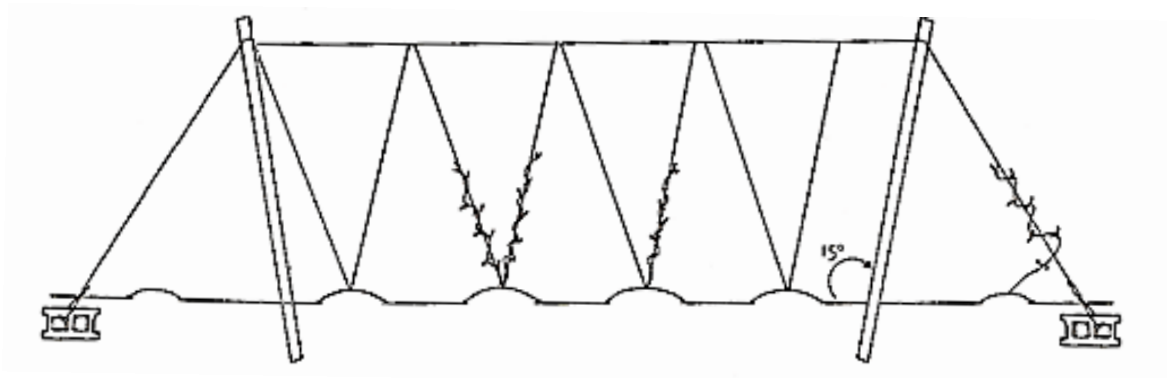
Em solos com fertilidade moderada a planta de lúpulo pode viver acima de 15 anos, já em solos com boa fertilidade a planta pode viver mais de 50 anos (KNEEN, 2003). Basicamente o solo deve ser profundo, fértil e bem drenado, mas a planta necessita de água em abundância, $5000 \text{ m}^3, \text{ ha}^{-1}$ (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015). O lúpulo é uma planta vigorosa e rústica podendo alcançar sua altura máxima (9 metros de altura ou mais) em menos de 4 ou 5 meses (SOUSA, 2005), por isso é indicado usar os sistemas de treliças (ver figura 1 e 2) para poder dar suporte a planta.

Figura 2- Sistema treliça tenda polo.



Fonte: Fisher; Fisher, 1998.

Figura 3 – Sistema treliça de polo reto.



Fonte: Fisher; Fisher, 1998.

As principais variedades de lúpulo são: Nugget, Perle, Magnum e Columbus (MARCOS et al., 2011).

As principais doenças de lúpulo são: O oídio (*Sphaerotheca humuli*), O míldio (*Pseudoperonospora humuli*), a murcha de verticillium (*Verticillium albo-atrum*) e a fusariose (*Fusarium culmorum*) (FISHER; FISHER, 1998).

As principais pragas do lúpulo são: besouro japonês (*Popillia japonica*), besouro pepino manchado (*Diabrotica undecimpunctata howardi*), afídeos do lúpulo (*phorodon humuli*) e ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) (FISHER; FISHER, 1998).

O plantio do lúpulo é feito de duas formas: por muda ou por rizoma, a época ideal de transplantar as plântulas para o campo é na primavera até o verão e o plantio por rizoma é de preferência realizado na primavera e a distância entre os rizomas quanto entre plântulas é de 0,8 a 1 metro entre elas (PERAGINE, 2011 ; MARCOS et al., 2011)

Em Portugal a poda do lúpulo é normalmente realizada na primavera, é precedida da descava e limpeza dos rizomas, pode ser feita uma poda mais alta (em plantas novas) ou mais baixa (à rasa) em plantas mais velhas, mas na prática fica apenas o sistema radicular e o rizoma. Também é efetuada a operação de amontoa duas a três vezes durante a estação de crescimento, a primeira amontoa é feita após a poda, a segunda é feita quando a planta estiver 1 m de altura e a terceira serve para facilitar o estabelecimento do sistema radicular anual a partir da base dos sarmentos do ano (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015).

O solo é mobilizado várias vezes ao longo do ano. Isso é feito no outono ou início da primavera para incorporar estrumes. Na estação de crescimento são realizadas várias vezes para reduzir a compactação do solo e a formação da crosta superficial (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015).

Os locais recomendados para o cultivo do lúpulo tanto no Hemisfério Norte quanto do Sul são, locais entre as latitudes 35° a 55° (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015). O *Humulus lupulus* L, precisa de no mínimo de 120 dias de frio e 15 ou mais horas de sol por dia (KNEEN, 2003), sendo que para completar o seu ciclo a planta necessita de 1800 a 2000 h de insolação (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015). O lúpulo tem melhores desempenhos em áreas onde a temperatura média de verão varia de 15 a 19 °C, com valores

médios superiores a 10°C durante a primavera e outono e temperaturas de inverno mínimas de até -10°C não causam prejuízos à cultura, mas no processo de crescimento temperaturas menores que 0°C, letais a planta (IDE et al., 1980 apud RADTKE, 1999).

Nas principais regiões produtoras de lúpulo (Inglaterra, Alemanha, Canadá, França e Austrália), ocorre uma precipitação pluviométrica total (primavera e verão) de 300 a 475 mm (RADTKE, 1999). Em regiões onde o clima têm temperaturas similares ao das encontradas nas regiões temperadas e frias, com uma boa distribuição das chuvas no período vegetativo e seco durante a época de maturação, são regiões propícias para o desenvolvimento do lúpulo (HOERNER; RABAK, 1940, LESKOVAR, 1957, MARTIN et al., 1975, citados por RADTKE, 1999). Recomenda-se que a altitude do local de cultivo seja superior a 200m (LESKOVAR, 1957, apud RADTKE, 1999).

Na região da Galícia na Espanha a colheita começa no verão (MARCOS et al, 2011). No primeiro ano não há colheita, no segundo ano pode-se produzir 50-65% da capacidade de colheita, no terceiro ano a produção esperada é entre 65 e 100%, só a partir do quarto ano a produção de lúpulo atingirá o seu pico (MARCOS et al., 2011). A colheita pode ser mecanizada ou manual. Depois de colhidos os cones nunca mais poderão ser expostos à luz solar ou luz forte, serão secos e feitos outros beneficiamentos até serem comercializados (FISHER; FISHER, 1998). Os produtos do lúpulo podem ser comercializados nas formas: flores prensadas, pó, extrato e pellets (ALVES, 2014).

Figura 4 – Cones de lúpulo (*Humulus lupulus* L.).



2.2 pH DO SOLO

O pH é uma das formas de expressar a acidez no solo, ela afeta a atividade microbiana, o número de cargas elétricas, a estabilidade dos agregados, a presença ou não de elementos tóxicos as plantas, e as reações de precipitação, dissolução, oxi-redução, de troca de cátions e de ânions, e de adsorção específica (ERNANI, 2008). A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que igual a 7 o meio é neutro, menor que 7 o meio é ácido e maior que 7 o meio é alcalino (todos a 25 °C). A maioria dos solos agrícolas brasileiro apresentam média a alta acidez com pH em água menor que 5,5 (VELOSO et al., 1992), obrigando a utilizar materiais corretivos. O material corretivo mais utilizado é o calcário dolomítico, por ser mais abundante, uma fonte barata e por ser fonte de cálcio e magnésio. Em pH igual ou maior que 5,5, praticamente não terá mais problemas com alumínio e manganês a níveis tóxicos, além de disponibilizar para as plantas, cálcio, magnésio, fósforo e nitrogênio aumentando as produções das plantas (VELOSO et al., 1992), mas tem que tomar cuidado, pois em pH maior que 7 pode diminuir a disponibilidade de micronutrientes para a planta, podendo prejudicar o seu desenvolvimento e a produção. Para Sousa (2005) o pH do solo recomendado para o cultivo do lúpulo é entre 6 e 7.

São vários os fatores que afetam o pH do solo como: material de origem solos desenvolvidos de rochas ou material de origem básica geralmente possuem valores de pH mais alto, precipitação solos formados sob condições de elevada pluviosidade são mais ácidos do que aquele formado sob condições áridas, com a decomposição da matéria orgânica o solo fica mais ácido, vegetação nativa solo formados por florestas são mais ácidos que com vegetação gramíneas, os diferentes tipos de cultura pode influenciar na acidez do solo, a acidez geralmente aumenta com o aumento de profundidade do solo, a adubação nitrogenada aumenta a acidez do solo e a inundação que aumenta o pH do solo em solos ácidos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO, 1998).

2.3 FÓSFORO

O fósforo é um macronutriente que é fortemente adsorvido no solo, tendo pouca disponibilidade para a planta, geralmente menor que 1 mg. L^{-1} (KROTH, 1998). Em locais onde o clima é tropical e subtropical a maioria dos solos são extremamente intemperizados onde formam alguns minerais. Os principais minerais presentes são divididos basicamente por dois grupos: os filossilicatos, que são minerais 1:1 como a caulinita (em maior quantidade) e minerais 2:1 como a montmorilonita (em menor quantidade) e os oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, o fósforo apresenta alta relação com esses minerais, ficando mais adsorvido no solo e menos disponível a planta (VILAR;VILAR, 2013). Além deste fator, existem outras condições que regula a disponibilidade de fósforo para a planta como: quantidade de argila quanto maior a quantidade de argila maior a sua adsorção, tipo de argila solos com predominância de caulinita e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio fixam mais fósforo, época de aplicação quanto mais longa o período da aplicação até o plantio maior à fixação, aeração o oxigênio é necessário para o crescimento da planta e decomposição da matéria orgânica e assim fornecendo fósforo para a planta, a compactação diminui o oxigênio e o espaço poroso na zona radicular diminuindo a absorção de P, a umidade em níveis ótimos aumenta a disponibilidade de fósforo para a planta, em temperaturas muito altas ou muito baixas pode restringir a absorção de P, em solos que recebeu mais fosfatos do que a cultura retirou do solo pode ter um aumento do nível de fósforo no solo podendo reduzir a adubação fosfatada no solo, o tipo de cultura cada cultura tem a sua forma de retirar o fósforo no solo e o pH as formas de fósforo mais solúveis e disponíveis para a planta estão no pH 5,5 a 7,0 (POTAFOS, 1998).

Nos solos altamente intemperizados, predominam as formas inorgânicas ligadas à fração mineral com alta energia e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente (SANTOS; GATIBONI; KAMINSK, 2008), a forma inorgânica e orgânica depende da ligação que o fósforo faz com outros compostos. Os termos utilizados para dizer a velocidade que o fósforo é repostado na solução do solo é: lábil que é o conjunto de compostos fosfatados capazes de repor rapidamente a solução do solo (SANTOS; GATIBONI; KAMINSK, 2008) e não-lábil que são compostos insolúveis e lentamente vão para a solução do solo (RAIJ, 1991). O tipo de manejo do solo faz diferença na eficiência de absorção de fósforo na planta, no sistema de cultivo convencional o revolvimento do solo faz com que ajam novos sítios de

adsorção e assim diminuindo a disponibilidade de fósforo para planta, além das perdas de P ocasionadas pela erosão e a dificuldade da acumulação do fósforo orgânico devido ao ataque de microrganismos provocadas pela incorporação dos resíduos vegetais, já no sistema plantio direto a eficiência de absorção é melhor, pelo fato do não revolvimento do solo e a permanência dos resíduos na superfície (GATIBONI, 2003).

O fósforo é de extrema importância para a planta de lúpulo atuando, na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, é também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos (GRANT, 2001). O fósforo tem uma interação positiva com outros nutrientes como: o nitrogênio e magnésio (SILVA; TREVIZAM, 2015). A deficiência de fósforo pode causar danos ao lúpulo, como: ter folhas com coloração que varia de verde-escura a púrpura, pode reduzir tanto a respiração como a fotossíntese; porém, se a respiração reduzir mais que a fotossíntese, pode reduzir a síntese de ácido nucleico e de proteína, o crescimento da célula é retardado podendo ser paralisado, ocorrendo assim diminuição na altura da planta, atraso na emergência das folhas e redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de matéria seca e na produção de sementes (GRANT, 2001). Além disso, com a deficiência de fósforo a planta cria estratégias para superar esse problema como: diminuição no crescimento da planta, aumento do crescimento por unidade de fósforo absorvido, remobilização de fósforo interno, modificações no metabolismo de carbono alterando etapas que requerem fósforo, rotas alternativas na respiração, secreção de fosfatases, maior crescimento radicular pela alteração em sua arquitetura e aumento da área superficial das raízes pela diferenciação de outros tipos de raízes (VILAR;VILAR, 2013). Entre os fertilizantes fosfatados mais comuns são: superfosfato simples, superfosfato triplo, ortofosfato de amônio, polifosfatos de amônio, nitrofosfatos, superfosfatos amoniados, fosfatos naturais termofosfatos, escória de Thomas e farinha de ossos (POTAFOS, 1998). O uso excessivo de fertilizante no solo pode ser poluente no ecossistema, por isso o correto manejo é vital para o equilíbrio da natureza.

Os métodos mais utilizados para se fazer análise de fósforo nos laboratórios de solos brasileiro são: Mehlich 1 e a RTA (SANTOS, 2008). O método de Mehlich 1 têm como vantagens facilidade de execução e baixo custo de análise (SANTOS; GATIBONI; KAMINSK, 2008) e como desvantagens são as baixas capacidades de extração de P em solos argilosos, a dinâmica de formas menos lábeis de P que não são extraídas por este método

(GONÇALVES et al., 2012). Já o RTA tem como vantagens: pode ser usado tanto em solos ácidos como alcalinos, revela, adequadamente, o efeito da calagem em aumentar a disponibilidade de P para as plantas, não superestima, como os extratores ácidos, a disponibilidade de P em solos tratados com fosfatos naturais (SILVA; RAIJ, 1999) e como desvantagens são, menor facilidade de execução, a necessidade de longo período de extração (16 horas) e o custo relativamente elevado das resinas (GONÇALVES et al., 2012).

3. HIPÓTESE

Não existem informações de adubação fosfatada e calagem para a cultura do lúpulo (*Humulus lupulus* L) na região do Planalto Sul Catarinense. De acordo com o exposto presume-se que a cultura do lúpulo é sensível à adubação fosfatada e à calagem.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento do Lúpulo (*Humulus lupulus* L.), sob diferentes pH e diferentes adubações com fósforo.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o efeito de diferentes níveis de calagem sobre o crescimento do lúpulo;
- Determinar o efeito de diferentes doses de fornecimento de P sobre o crescimento do lúpulo;
- Avaliar o acúmulo de N, P e K no lúpulo em função de diferentes pH e adubação fosfatada.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE COLETA DAS MUDAS

Os rizomas com as mudas foram coletadas numa propriedade rural no município de São Mateus do Sul no Estado do Paraná na primeira quinzena de setembro de 2015. A cidade encontra-se nas coordenadas 25° 52' 36" S e 50° 23' 3" W, com uma altitude de 761 metros e clima subtropical úmido (Köppen-Geiger: Cfa) (DB-CITY, 2012). Os rizomas com as mudas foram mantidas em casa de vegetação, em bandejas de plásticos com substrato, na cidade de Lages no Estado de Santa Catarina.

5.1.2 DESCRIÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no município de Lages no Estado de Santa Catarina, em casa de vegetação, A cidade se encontra nas coordenadas 27° 49' 00" S e 50° 19' 35" W, com uma altitude de 930 metros e o clima da cidade é classificado como clima subtropical úmido (Cfb) (DB-CITY, 2012). As análises foram realizadas nos laboratórios de Química e o de Rotina no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

5.2 DESCRIÇÕES DOS TRATAMENTOS

5.2.1 PREPARO DO SOLO

O solo utilizado foi coletado no Câmpus da UDESC - Lages, sendo o solo classificado como Cambissolo Húmico alumínico (ver tabela 4). O solo foi particionado em sacos plásticos dentro de sacos de ráfias e as partes passaram por calagem com calcário dolomítico

(100 % PRNT), ficando incubado por 60 dias para obtenção dos pHs 5,2; 6,0 e 6,5 e além do natural, que foi o pH 4,9. Na sequência, 1,5 Kg desses solos secos foram postos em vasos plásticos, Foram aplicados em cada vaso doses equivalentes de P_2O_5 de 90, 180, 360 kg,ha^{-1} e além de um controle sem P_2O_5 .

Tabela 4 – Características químicas e físicas do Cambissolo Húmico alumínico, utilizado no experimento.

pH-H₂O	pH – CaCl₂	Índice SMP	Ca	Mg	Al	K	H+Al	CTC Efetiva	CTC pH 7,0
.....cmoc . dm ⁻³									
4,9	4,3	4,8	2,05	0,78	5,20	0,353	17,30	8,38	20,48
Saturação Al (%)	Saturação por Bases (%)	Matéria Orgânica (%)	P (mg.dm⁻³)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)			
62,05	15,54	1,4	1,1	27	51	22			

Fonte: Próprio autor, 2016.

5.2.2 CULTIVO DO LÚPULO

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 4 doses de P_2O_5 (controle sem P_2O_5 , 90, 180, 360 kg,ha^{-1}), em 4 diferentes pHs (4,9; 5,2; 6,0 e 6,5) e 4 repetições, totalizando 64 unidades amostrais. A fonte de fósforo utilizado foi a Mono - amônio fosfato (MAP) em solução e cloreto de potássio em solução, para manter constante o K.

O teste estatístico utilizado foi análise de variância e depois foi feito o desdobramento dos graus de liberdade com o ajustamento da curva de regressão.

O experimento começou no dia 03/12/2016 e o término foi no dia 31/03/2016, totalizando 120 dias de crescimento e desenvolvimento do lúpulo (ver figura 5).

Figura 5 – Plantas de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) do experimento com 65 dias.



Fonte: Próprio autor, 2016.

5.2.3 TRATOS CULTURAIS REALIZADOS NO EXPERIMENTO

Desde o momento da implantação do experimento, foram realizadas regas diárias para manutenção do solo com boa disponibilidade d'água. Para o controle de pragas, foram realizados 5 aplicações de inseticida Lannate BR (solução aquosa $250 \mu\text{L},\text{L}^{-1}$, sendo 25% da dose recomendada) para combater o ataque de Tripes não identificado e após 42 dias da implantação do experimento foram aplicados 5 mL de solução de ureia ($30 \text{ mg},\text{L}^{-1}$) semanalmente, totalizando 9 aplicações.

5.3 ANÁLISES DO TECIDO VEGETAL E DO SOLO

5.3.1 ANÁLISES DO TECIDO VEGETAL

As plantas de lúpulo foram cortadas e divididas em três partes: raiz, uma parte do caule e da parte aérea, essas três partes foram limpas e deixadas na estufa até secarem com peso constante. Após isso, foram pesadas separadamente e assim foram determinadas a massa seca de raiz, da parte do caule e da parte aérea da planta.

As determinações do cálcio e magnésio foram no espectrofotômetro de absorção atômica. O nitrogênio foi determinado por titulação e o potássio foi determinado por fotômetro de chama. Essas análises foram realizadas conforme o Boletim Técnico N° 5 de Tedesco et al, (1995). Já o fósforo foi determinado pelo método colorimétrico proposto por Murphy e Riley (1962).

5.3.2 ANÁLISES DO SOLO

Os solos foram secos na estufa até ficarem com o massa constante e na sequência foram peneirados em peneira de 2 mm. Depois, foram enviados para os Laboratórios de Rotina de Análises Física e Química da UDESC - Lages, onde foram determinadas as concentrações de cálcio, fósforo, magnésio, potássio, alumínio, alumínio mais hidrogênio, do pH em água e pH SMP e de matéria orgânica. Já as análises de pH em cloreto de cálcio nos solos, foram realizadas no Laboratório de Química da UDESC - Lages, conforme o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS, 2011).

5.3.3 PARÂMETROS DE PLANTA ANALISADOS

Pelo fato de algumas plantas terem caule mais grosso que outras plantas, foi decidido separar a planta em: raiz, caule e o restante da parte aérea.

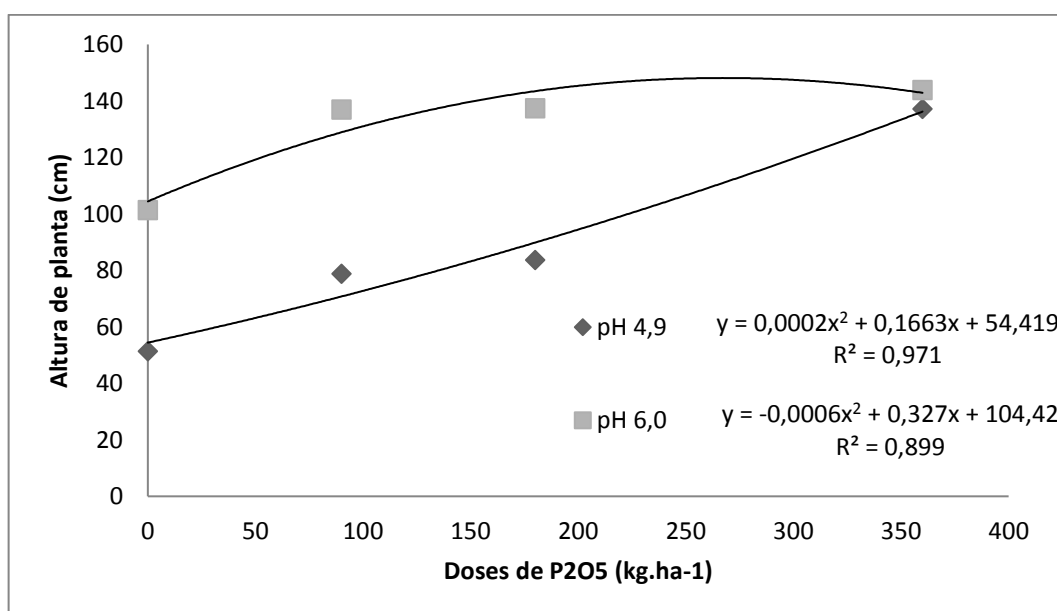
A altura das plantas de lúpulo foi determinada com uma fita métrica após 102 dias de crescimento e desenvolvimento.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. ALTURA DE PLANTA

Houve interação significativa da adubação fosfatada com a calagem, como pode ser visto na figura 6.

Figura 6 – Altura de planta (cm) em função das doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$) nos pH 4,9 e 6,0.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Através dos dados apresentados na figura 6 pode-se observar que houve interação da adubação fosfatada com a calagem em relação a variável altura de planta. Os resultados obtidos nos pHs 4,9 e 6,0 demonstram um aumento da altura de planta com o aumento das doses de P_2O_5 . Silva e colaboradores (2010) trabalharam com adubação fosfatada no trigo a pH 4,1 em $CaCl_2$, e também obtiveram diferenças significativas na altura de planta em um modelo quadrático de regressão tendo sua máxima altura na dose de $632\ kg\cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 .

Em pH 4,9 (pH 4,0 em $CaCl_2$) obteve-se a maior variação da altura (37 %) com uma dose aplicada de $360\ kg\cdot ha^{-1}$ de P_2O_5 em relação a testemunha, no pH 6,0 o mesmo comportamento foi observado, sendo a maior variação da altura (38 %) obtida com uma dose

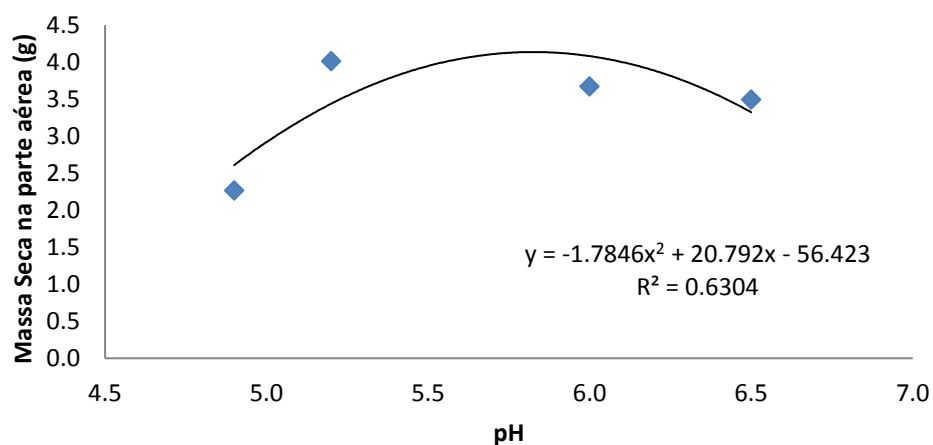
aplicada de $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 , isso demonstra que a maior disponibilidade de P aumentou a altura de planta em ambos pHs, sendo o P um dos principais nutrientes responsáveis pelo tamanho da planta (GRANT, 2001). Em pH (6,0) também ocorre a diminuição da concentração de alumínio, à um nível de baixa toxicidade para a planta não afetando principalmente o sistema radicular, e o aumento da concentração de magnésio, cálcio e da disponibilidade de outros nutrientes, justificando desta forma uma menor demanda das doses de P_2O_5 (ERNANI, 2008; GRANT, 2001).

As alturas de plantas não apresentaram significância em função da variação das doses de P_2O_5 nos pH 5,2 e 6,5.

6.2. PRODUÇÃO DE MASSA SECA

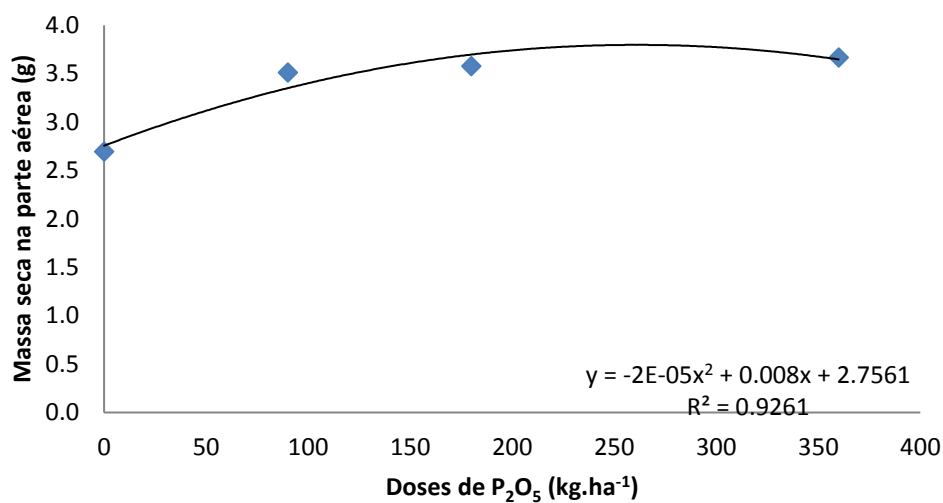
Também foram realizadas as análises de massa seca das partes aérea da planta, do caule e da raiz em função das doses de P_2O_5 em diferentes pHs, os resultados obtidos estão apresentados nos gráficos a seguir. Não houve interação entre as doses de P_2O_5 e os pHs e tiveram diferenças significativas a calagem e adubação fosfatada como são observados nas figuras a seguir.

Figura 7 – Produção média de massa seca na parte aérea (g) em função de diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 8 – Produção média de massa seca na parte aérea da planta (g) em função de diferentes doses de P_2O_5 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

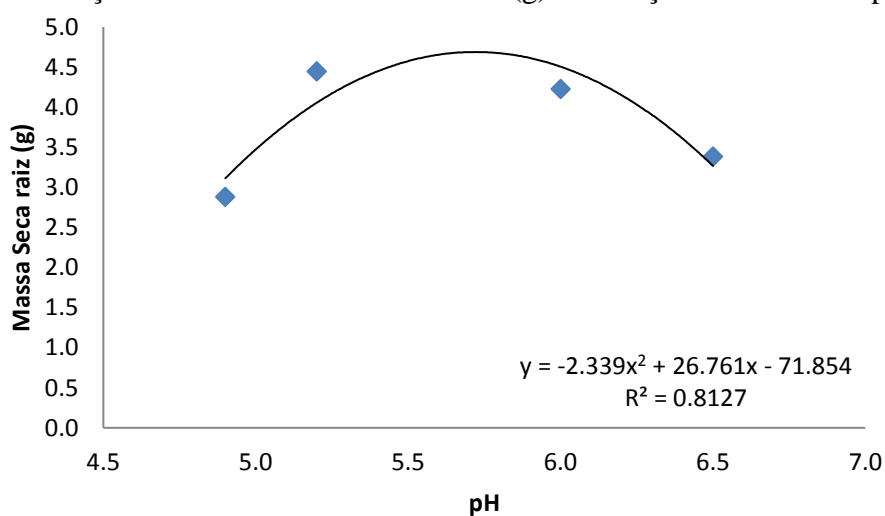


Fonte: Próprio autor, 2016.

Através das figuras 7 e 8 pode-se constatar que a maior produção de massa seca na parte aérea ocorreu em pH 5,2 e que para se obter uma alta produção de massa seca na parte aérea da planta de lúpulo não foi necessária uma grande quantidade de P₂O₅ (90 kg.ha⁻¹).

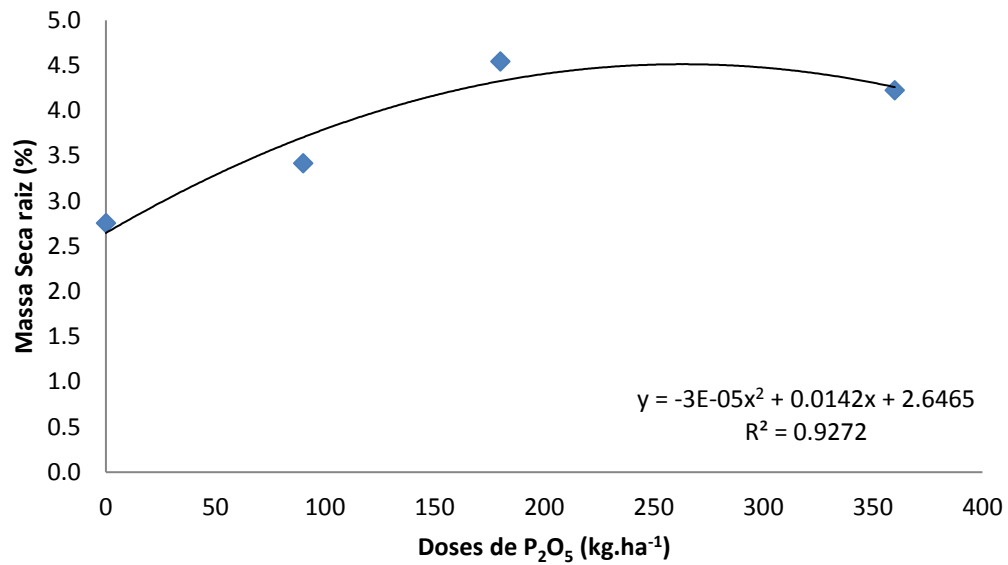
Na sequência estão descritos os resultados obtidos das médias de massa seca na raiz (g) em função de diferentes pHs e doses P₂O₅ (figuras 9 e 10).

Figura 9 – Produção média de massa seca na raiz (g) em função de diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 10 – Produção média de massa seca na raiz (g) em função de diferentes doses de P₂O₅ (kg.ha⁻¹).



Fonte: Próprio autor, 2016.

Assim como na produção de massa seca na parte aérea, na raiz também foi registrado a maior produção no pH 5,2 (figura 9), contudo foi necessária uma dose maior de P₂O₅ (180 kg.ha⁻¹) que no caso anterior, como observado na figura 10.

Os dados de massa seca do caule em função da adubação fosfatada e dos pHs estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 5 – Produção média de massa seca no caule (g) nas diferentes doses de P₂O₅ (kg,ha⁻¹) em relação a diferentes pHs. ns = não significativo (p < 5%).

pH	Doses de P ₂ O ₅ (kg,ha ⁻¹)				Média
	0	90	180	360	
4,9	0,338	0,595	0,958	0,615	0,626 ns
5,2	0,818	0,595	0,728	0,738	0,719 ns
6,0	0,505	0,665	0,583	1,135	0,722 ns
6,5	0,720	0,810	0,933	0,955	0,854 ns
Média	0,595 ns	0,666 ns	0,800 ns	0,861 ns	

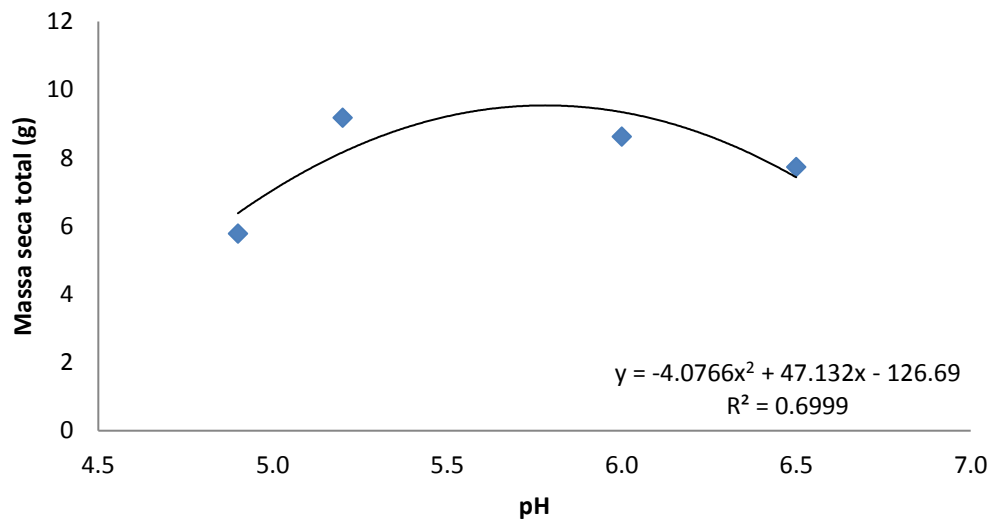
Fonte: Próprio autor, 2016.

As massas secas do caule não apresentaram interação entre a adubação fosfatada e calagem, como pode ser observado nos dados da tabela 6, este comportamento pode ser

explicado pelo maior vigor na parte aérea e raiz em comparação ao menor crescimento do caule.

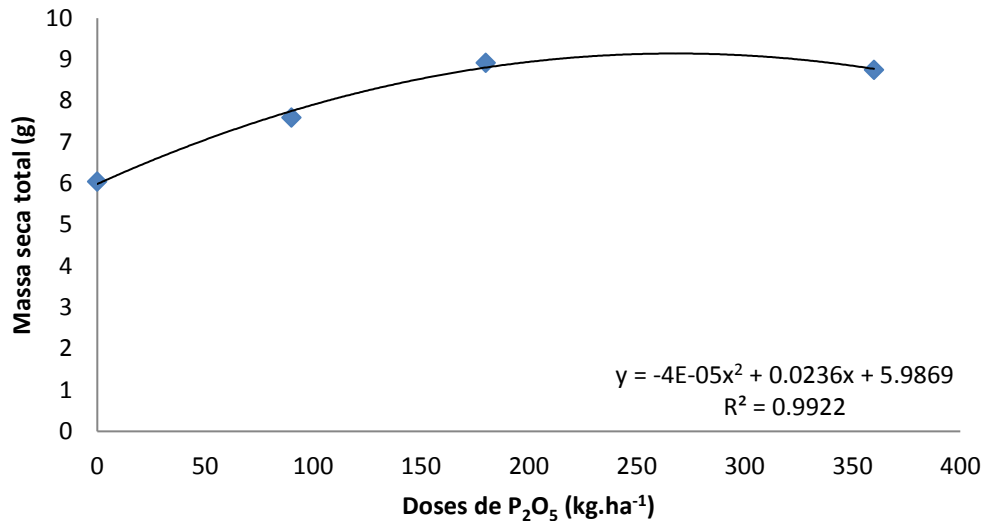
As figuras 11 e 12 representam os resultados obtidos da massa seca total da planta em função de diferentes pHs e doses de P_2O_5 .

Figura 11 – Produção média de massa seca total (g) em função de diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 12 – Produção média de massa seca total (g) em função de diferentes doses de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$).



Fonte: Próprio autor, 2016.

Os resultados obtidos demonstram que em pH 5,2 obteve-se a maior produção de massa seca total (9 g). Isso representa que na prática em solos muito ácidos não há a necessidade da aplicação de uma elevada dose de calcário para se obter a máxima produção de massa seca na planta de lúpulo. Através dos dados apresentados na figura 12, Pode-se observar que a dose de P_2O_5 que apresentou a maior produção de massa seca na planta (9 g) foi de $180 kg \cdot ha^{-1}$.

O P em doses adequadas apresenta uma interação positiva com outros nutrientes, como o Mg e o N (SILVA; TREVIZAM, 2015) e assim fazendo com que a massa seca total aumente com o aumento das doses de P_2O_5 .

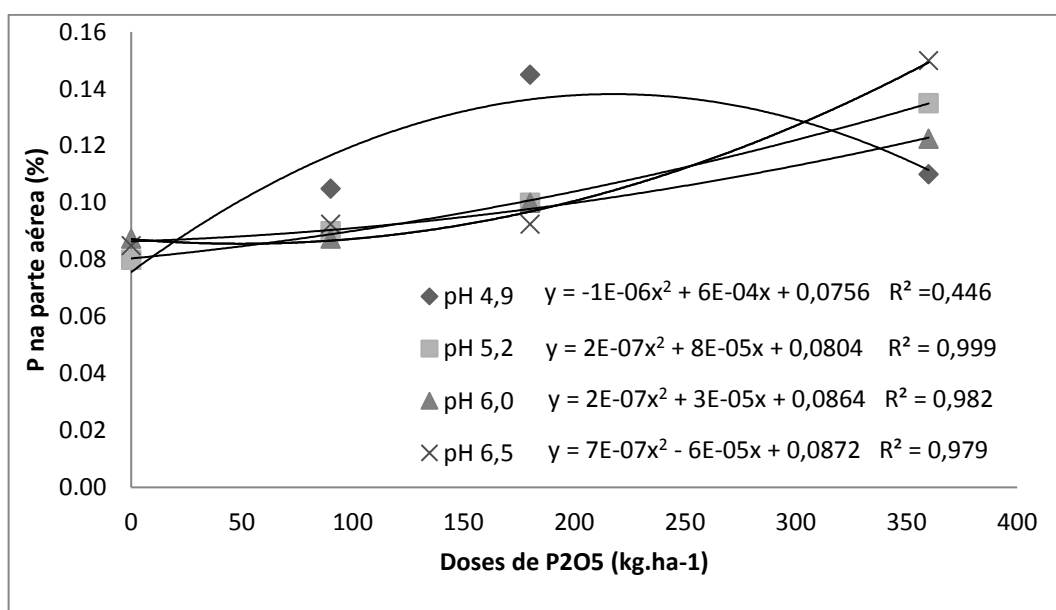
6.3 ABSORÇÕES DE NUTRIENTES

6.3.1 FÓSFORO (P)

Na continuidade do trabalho foram estudados os parâmetros de absorção de nutrientes pela planta de lúpulo, os resultados destas análises serão apresentados a seguir.

Inicialmente serão apresentados os dados obtidos de incremento de P (%) na parte aérea da planta em função das doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$) em diferentes pHs (figura 13).

Figura 13 - Acúmulo percentual de P (%) na parte aérea da planta em função das doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$) em diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Houve interação entre adubação fosfatada e calagem no acúmulo de fósforo na parte aérea, como presenciado na figura 13. O acúmulo de P na parte aérea apresentou sua máxima acumulação (0,138 %) em pH 4,9 na dosagem de $180\ kg\cdot ha^{-1}$, essa dosagem máxima é explicada pela variação da acidez potencial do solo. Os dados de acidez potencial do solo em função da dose de P_2O_5 são apresentados no apêndice V, onde é demonstrado que houve uma

redução desta variável a um nível mínimo quando foi utilizada uma dose de aproximadamente 270 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, e conseqüentemente ocorreu uma maior disponibilidade de fósforo para a planta, sendo que até aproximadamente 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ observou-se um aumento de P no solo.

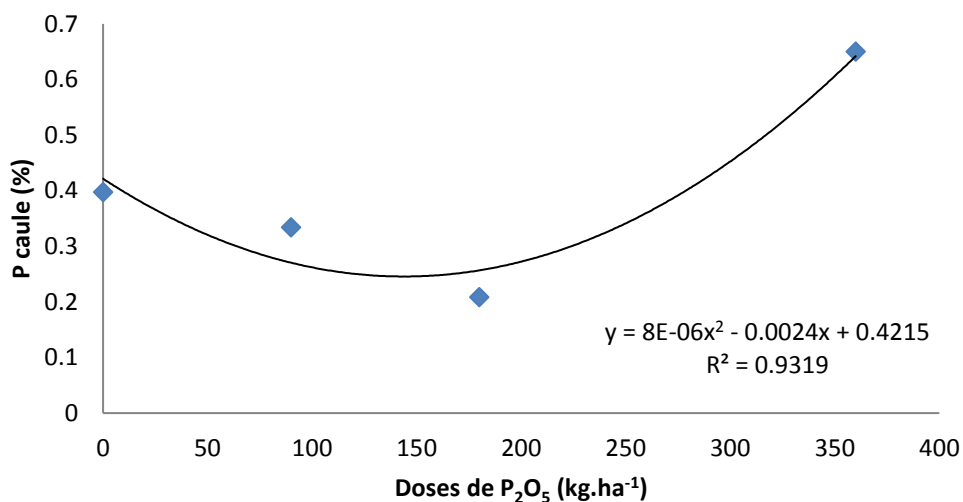
As diminuições da acidez potencial e do alumínio no solo na dosagem de P₂O₅ de 360 kg.ha⁻¹ não se observa quantidades de alumínio a um nível tóxico e o efeito significativo da concentração de fósforo, refletiram no aumento deste nutriente na parte aérea em pH 5,2.

O aumento da decomposição da matéria orgânica no solo em função do aumento das doses de P₂O₅ em pH 6,0, aumentou a disponibilidade de P para a planta e, desta forma, também ocasionou o aumento deste elemento na parte aérea, este comportamento está de acordo com o encontrado no estudo da Silva e Vahl (2002), onde a concentração de fósforo nas folhas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) teve aumento no pH 6,0.

O caule, em pH 6,5, registrou uma variação de concentração de P, sendo que observou-se um aumento nas quantidades de P até aproximadamente 180 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e após esse valor houve uma redução no acúmulo deste nutriente. A partir da dose de P₂O₅ de 49 kg.ha⁻¹ observou-se uma exportação expressiva de P na parte aérea da planta (figura 13).

Na figura 14 estão expostos os resultados para os acúmulos médios de P (%) no caule em função das doses de P₂O₅ (kg.ha⁻¹).

Figura 14- Acúmulo médio de P no caule (%) em função das doses de P₂O₅ (kg.ha⁻¹).

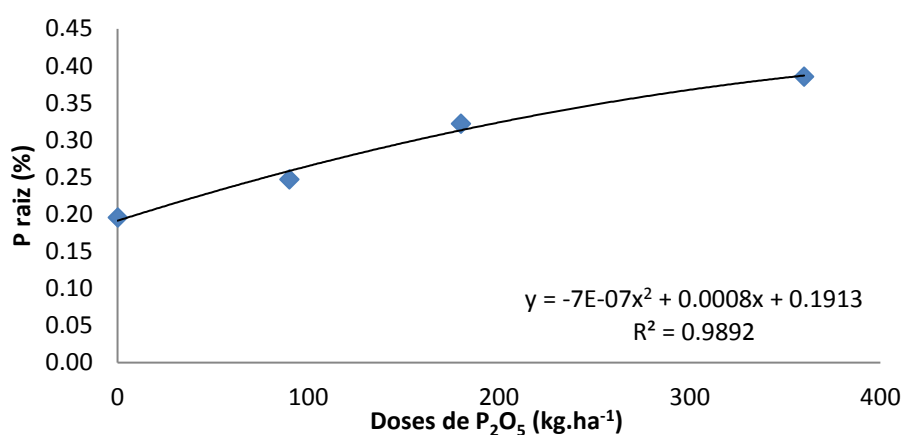


Fonte: Próprio autor, 2016.

A variável dose de P_2O_5 foi a única que apresentou diferença estatística na concentração de P no caule. O maior acúmulo de P (0,65 %) no caule foi obtido na dose de $360 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 . Porém pode-se observar que houve diminuição de absorção até a dose $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Este resultado pode ser explicado pelo efeito de diluição do P na planta de lúpulo.

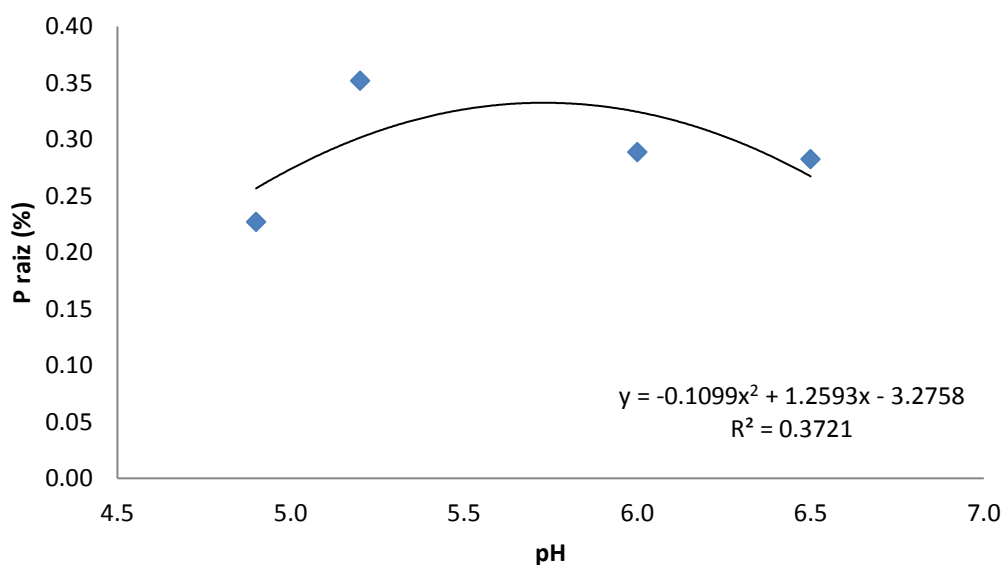
As figuras 15 e 16 trazem os resultados obtidos do incremento médio de P na raiz (%) em função das doses de P_2O_5 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e diferentes pHs.

Figura 15 - Acúmulo médio de P na raiz (%) em função das doses de P_2O_5 ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).



Fonte: Próprio autor, 2016.

Figura 16 - Acúmulo médio de P na raiz (%) em função de diferentes pHs.



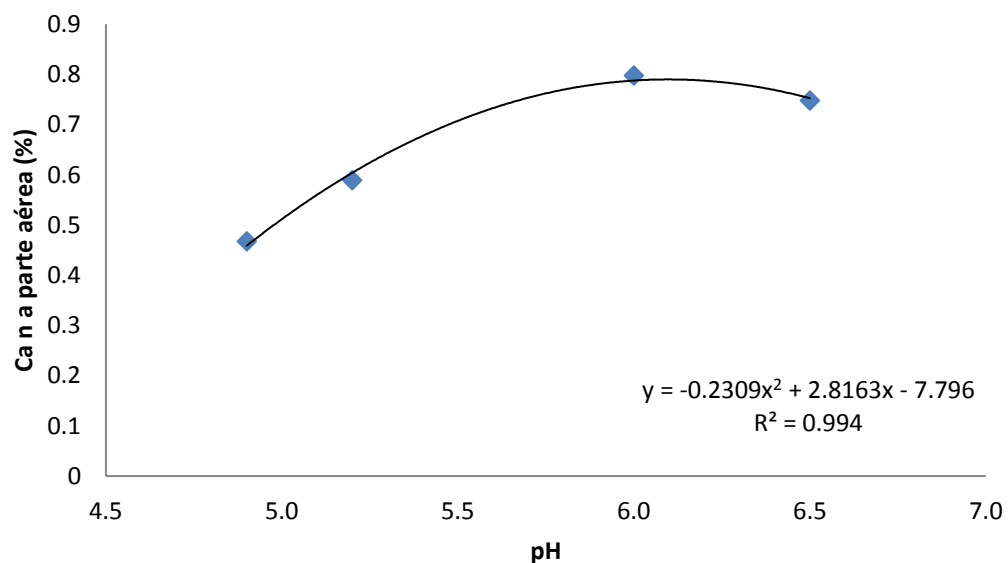
Fonte: Próprio autor, 2016.

Não houve interação do fósforo e pH na raiz, mas apresentaram diferenças significativas a adubação fosfatada e a calagem na raiz, como vistos na figuras 15 e 16. Os resultados apresentados na figura 16 demonstram que o aumento da disponibilidade de P aumentou o acúmulo de P na raiz. A maior concentração de P ($\approx 0,32\%$) na raiz foi obtida em pH entre 5,2 e 6,0 (figura 16).

6.3.2 CÁLCIO (Ca)

Na sequência serão apresentados os dados obtidos da concentração média de Ca (%) na parte aérea e raiz da planta em função de diferentes pHs de (figuras 17 e 18).

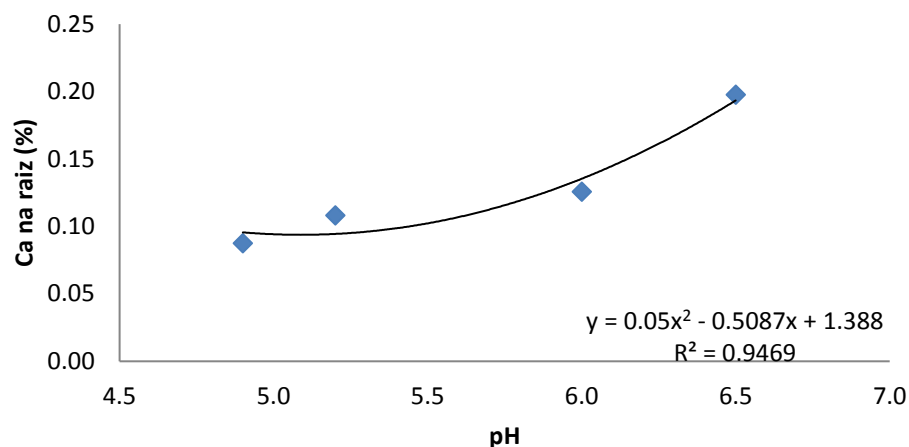
Figura 17- Acúmulo médio de Ca na parte aérea da planta (%) em função a diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor,2016.

O cálcio na parte aérea da planta, o único parâmetro que teve efeito significativo foi o pH, como apresentado na figura 17. O cálcio, na parte aérea do lúpulo, apresentou a maior concentração (0,8 %) em pH 6,0. Este valor está de acordo com literatura, onde é relatado que o pH propício para o crescimento e desenvolvimento de lúpulo se encontra entre o pH 6,0 e 7,0 (SOUSA, 2005).

Figura 18 - Acúmulo médio de Ca na raiz (%) em função de diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor, 2016.

Assim como na parte aérea o único parâmetro que teve diferenças significativas com o Ca na raiz também foi o pH. A concentração de cálcio na raiz aumentou com o aumento do pH, este fato pode ser explicado pela maior disponibilidade de Ca para a planta, ocasionada pela maior aplicação de calcário dolomítico no pH 6,5.

Os resultados do estudo da quantidade de Ca (%) no caule em função das doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) em diferentes pHs, estão descritos na tabela 7.

Tabela 6 – Quantidade de Ca no caule (%) nas diferentes doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) em relação a diferentes pHs. ns = não significativo ($p < 5\%$).

pH	Doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1})				Média
	0	90	180	360	
4,9	0,088	0,070	0,095	0,078	0,083 ns
5,2	0,105	0,145	0,148	0,105	0,126 ns
6,0	0,155	0,148	0,145	0,130	0,144 ns
6,5	0,115	0,115	0,765	0,143	0,284 ns
Média	0,116 ns	0,119 ns	0,288 ns	0,114 ns	

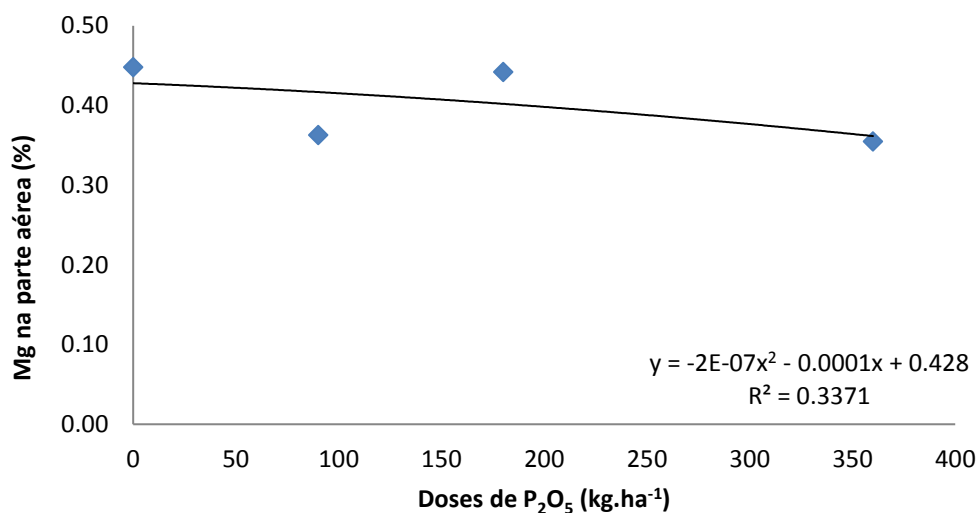
Fonte: Próprio autor, 2016.

Não foram observadas interações entre os resultados obtidos para incremento de Ca em relação a calagem e a adubação fosfatada, e as doses de P_2O_5 e os pHs não apresentaram efeitos significativos (tabela 7).

6.3.3 MAGNÉSIO (Mg)

Na continuidade deste estudo, foi realizada a análise do incremento médio de Mg (%) na parte aérea da planta em função das doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$) (figura 19).

Figura 19 - Acúmulo médio de Mg (%) na parte aérea da planta em função das doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$).

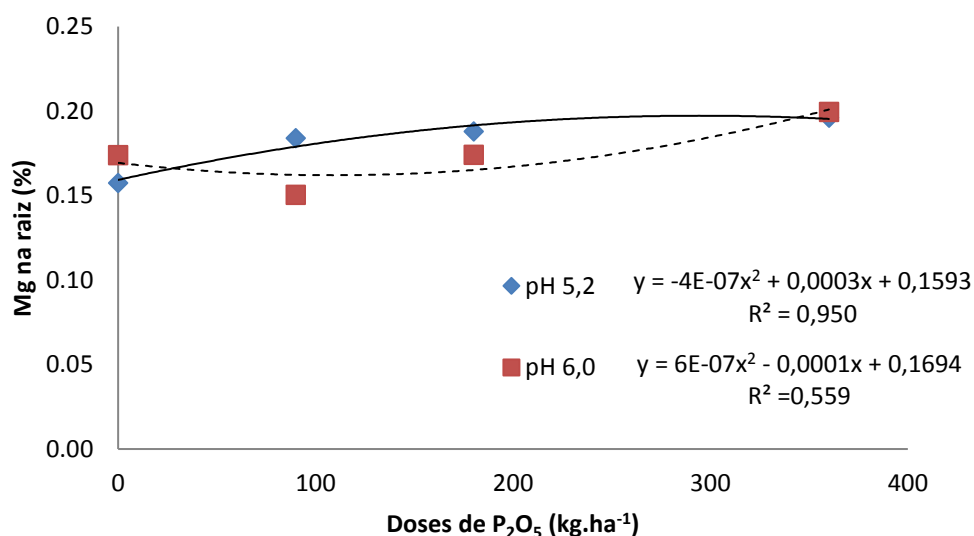


Fonte: Próprio autor, 2016.

Os resultados demonstraram que somente a variável dose de P_2O_5 apresentou efeito significativo para exportação de Mg para a parte aérea da planta. Na figura 19 pode-se observar que o acúmulo de Mg na parte aérea reduz com o aumento das dose de P, assim pode-se concluir que não há necessidade da aplicação de adubação fosfatada para se obter um alto incremento na concentração deste nutriente.

Os dados obtidos da quantidade de Mg (%) na raiz em função das doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$) em diferentes pHs estão representados na figura 20.

Figura 20 - Acúmulo de Mg (%) na raiz em função das doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$) em diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor, 2016.

De um modo geral houve um aumento das quantidades de Mg na raiz nos pH 5,2 e 6,0 com o aumento das doses de P, esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que em pH 6,0 não é observado quantidades de alumínio a nível tóxico e desta forma não há inibição do crescimento radicular (ERNANI, 2008).

A quantidade de Mg (%) no caule em relação a adubação fosfatada e calagem, está exposto na tabela 8.

Tabela 7 – Quantidade de Mg no caule (%) nas diferentes doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$) em relação a diferentes pHs. ns = não significativo ($p < 5\%$).

pH	Doses de P_2O_5 ($kg\cdot ha^{-1}$)				Média
	0	90	180	360	
4,9	0,250	0,168	0,162	0,164	0,186 ns
5,2	0,208	0,209	0,225	0,192	0,208 ns
6,0	0,231	0,224	0,247	0,215	0,229 ns
6,5	0,206	0,204	0,033	0,230	0,168 ns
Média	0,224 ns	0,201 ns	0,167 ns	0,200 ns	

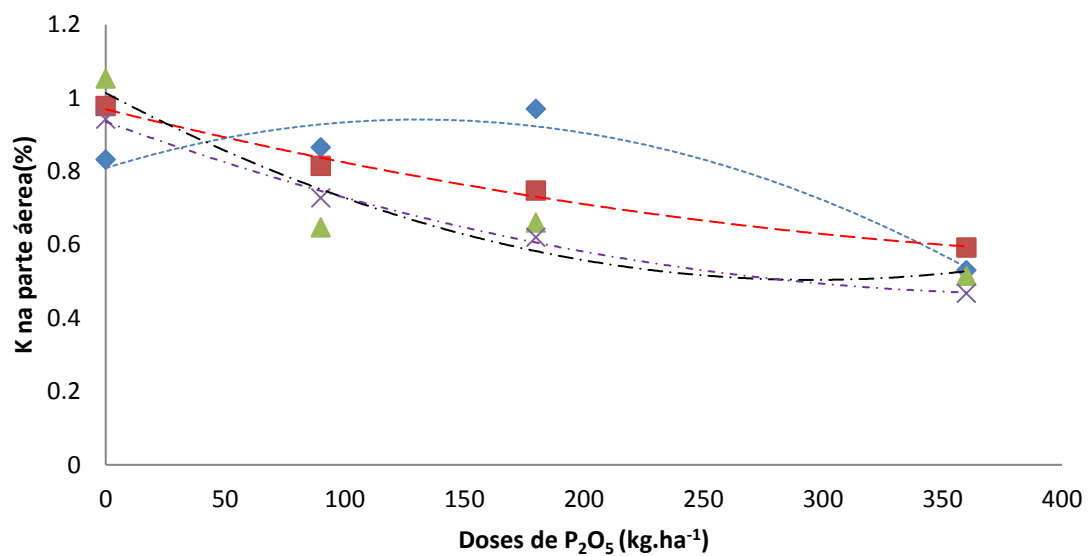
Fonte: Próprio autor, 2016.

Não foram observadas interações entre os resultados obtidos para acúmulo de Mg em relação a calagem e a adubação fosfatada, doses de P_2O_5 e os pHs não apresentaram efeitos significativos (tabela 8).

6.3.4 POTÁSSIO (K)

Outro estudo realizado neste trabalho foi o acúmulo de K (%) nas partes aérea, de caule e da raiz da planta em função das doses de P_2O_5 ($kg.ha^{-1}$) em diferentes pHs. Os resultados obtidos para a parte aérea são apresentados na figura 21.

Figura 21- Acúmulo percentual de K na parte aérea da planta em função das doses de P_2O_5 ($kg.ha^{-1}$) nos pH 4,9; 5,2; 6,0 e 6,5.



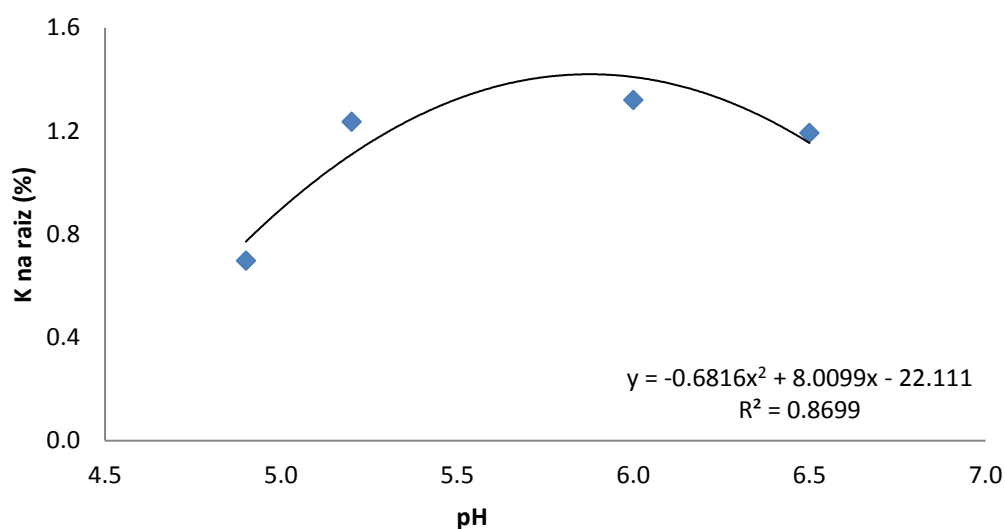
◆ pH 4,9	$y = -8E-06x^2 + 0,002x + 0,8088$	$R^2 = 0,559$
■ pH 5,2	$y = 2E-06x^2 - 0,0016x + 0,9692$	$R^2 = 0,989$
▲ pH 6,0	$y = 6E-06x^2 - 0,0034x + 1,0137$	$R^2 = 0,886$
× pH 6,5	$y = 3E-06x^2 - 0,0024x + 0,9354$	$R^2 = 0,995$

Fonte: Próprio autor, 2016.

Em relação ao K na parte aérea houve interação da adubação fosfatada com a calagem, como visto na figura 21. No geral houve diminuição da exportação de K na parte aérea da planta em relação aos diferentes pHs, estes efeitos podem ser justificados pela maior concentração de cálcio e magnésio no solo ocasionada pela aplicação de calcário dolomítico e desta forma o lúpulo pôde absorver maiores quantidades de Mg e Ca e menos K . Também deve-se considerar, o efeito de diluição de K na planta. Freiburger et al (2014) estudaram o efeito de doses de P na fertilidade do solo, no desenvolvimento inicial e no estado nutricional de mudas de pinhão – manso (*Jatropha curcas* L.), eles também registraram uma diminuição no incremento de K nas folhas da planta, onde a saturação por bases no solo foi de 60 %.

Os resultados das análises da quantidade média de K (%) na raiz em função de diferentes pH está apresentado na figura 22.

Figura 22- Acúmulo médio de K na raiz (%) em função de diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor, 2016.

O K na raiz o único parâmetro que teve diferenças significativas foi a calagem. Onde o maior acúmulo de K na raiz ($\approx 1,4$ %) foi no pH 6,0 e assim não foi observada interação entre a calagem com a adubação fosfatada e também não houve efeito significativo o acúmulo de K na raiz em relação as doses de P_2O_5 .

Os resultados da análise do acúmulo de K (%) no caule em função das diferentes doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) em relação a diferentes pHs está representado na tabela 9.

Tabela 8 – Quantidade de K no caule (%) nas diferentes doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1}) em relação a diferentes pHs. ns = não significativo ($p < 5\%$).

pH	Doses de P_2O_5 (kg,ha^{-1})				Média
	0	90	180	360	
4,9	1,868	1,243	1,225	1,195	1,383 ns
5,2	1,868	1,745	1,888	1,705	1,801 ns
6,0	1,808	1,925	1,965	1,768	1,866 ns
6,5	1,640	1,740	7,530	1,655	3,141 ns
Média	1,796 ns	1,663 ns	3,152 ns	1,581 ns	

Fonte: Próprio autor, 2016.

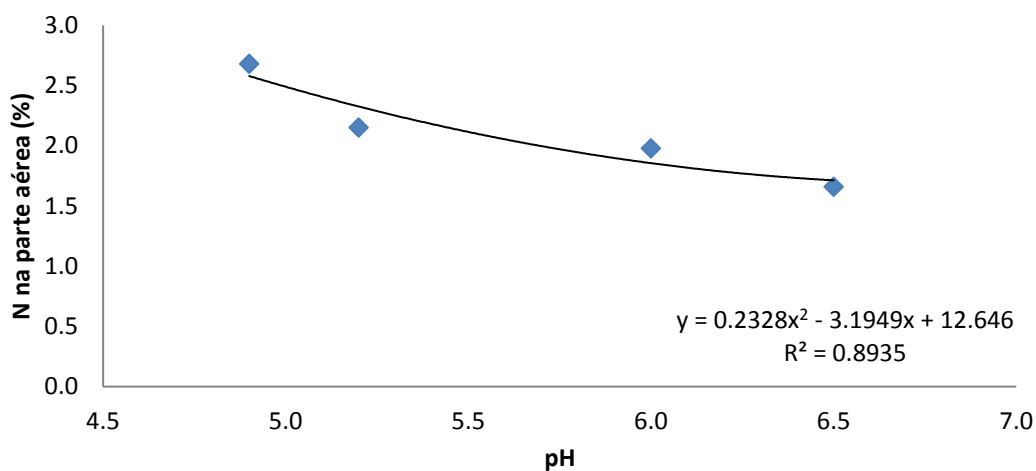
Não foram observadas interações entre os resultados obtidos para o acúmulo de K em relação à calagem e à adubação fosfatada, e as doses de P_2O_5 e os pHs não apresentaram efeitos significativos (tabela 9).

6.3.5 NITROGÊNIO (N)

Por fim foi realizado o estudo do acúmulo médio de N (%) nas partes da planta em função das doses de P_2O_5 em diferentes pHs.

Os resultados das médias de N (%) na parte aérea em função do pH está apresentado na figura 23.

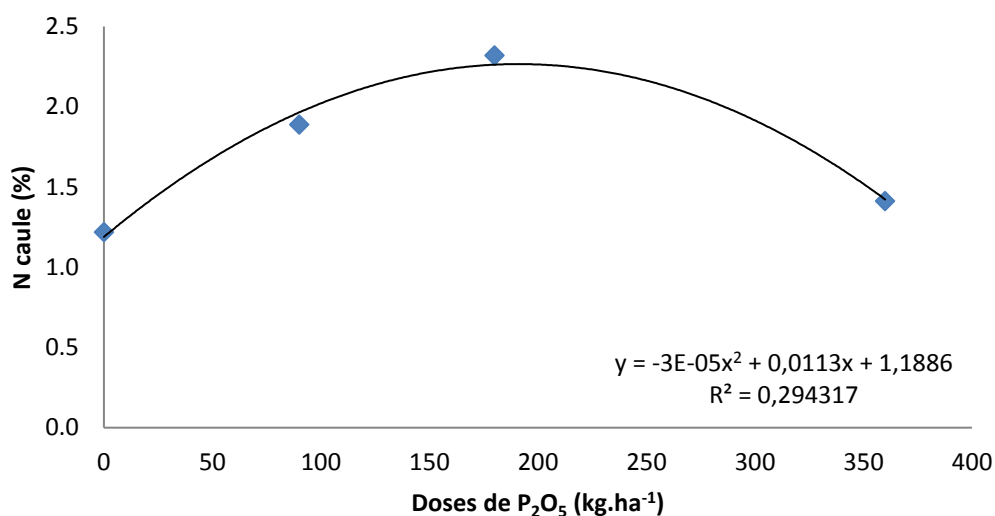
Figura 23 - Acúmulo de N (%) na parte aérea da planta em função de diferentes pHs.



Fonte: Próprio autor, 2016.

O nitrogênio da parte aérea não houve interação do P com o pH, sendo que o único parâmetro que teve efeitos significativos foi o pH. Através dos dados apresentados na figura 23, pode-se concluir que não houve a necessidade aplicar o calcário dolomítico no lúpulo para obter o máximo de acúmulo de N na parte aérea da planta.

A figura 24 apresenta os resultados obtidos para o estudo do acúmulo de N (%) no caule em função das doses de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$) em relação ao pH 4,9.

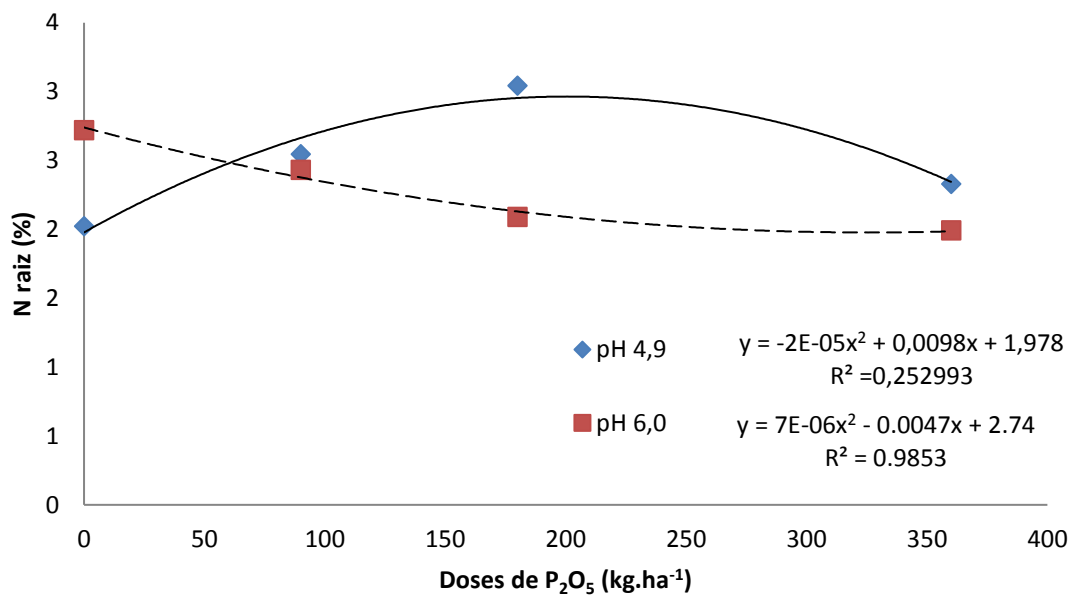
Figura 24 – Acúmulo de N no caule (%) em função das doses de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$) no pH 4,9.

Fonte: Próprio autor, 2016.

Houve interação adubação fosfatada e a calagem na exportação de N no caule, sendo que o único pH que teve diferenças significativas foi no pH 4,9, onde teve aumento de acúmulo até a dose de 180 kg.ha⁻¹ de P₂O₅.

O acúmulo de N (%) na raiz em função das doses de P₂O₅ (kg.ha⁻¹), em relação aos pH 4,9 e 6,0, está representado na figura 25.

Figura 25 - Acúmulo de percentual de N na raiz em função das doses de P₂O₅ (kg.ha⁻¹) nos pH 4,9 e 6,0.



Fonte: Próprio autor, 2016.

O N na raiz houve interação da adubação fosfatada com a calagem, como visto na figura 25. No pH 4,9 o melhor modelo de regressão que representa a concentração de N na raiz foi a quadrática, tendo seu máximo acúmulo na dose de 201 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. Já no pH 6,0 a diminuição de N na raiz pode ser respondido pelo efeito de diluição do N na planta de lúpulo.

7. CONCLUSÃO

Através deste trabalho foi possível constatar que a planta de lúpulo é sensível a adubação fosfatada e calagem quando cultivado em solo da região do Planalto Sul Catarinense. Também foi possível determinar que, nas condições deste experimento, o valor de pH do solo onde se obteve maior expressão em relação as variáveis analisadas foi 5,2 e a dose de P_2O_5 foi de 180 kg.ha^{-1} .

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L.M.F. **Análise físico-química de cervejas tipo *pilsen* comercializada em Campina Grande na Paraíba.** 2014. TCC (Trabalho de conclusão de curso de Química Industrial). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. Manual internacional de fertilidade do solo. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998.

CANBAŞ, A.; ERTEN, H.; ÖZŞAHİN, F. The effects of storage temperature on the chemical composition of hop pellets. Adana: Elsevier, 2001.

ECONOMIC COMMISSION SUMMARY REPORTS. **International hop growers convention.** Paris: IHGC, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** Rio de Janeiro:EMBRAPA. 2011.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes.** Lages: UDESC, 2008.

FARAG, M. A.; WESSJOHANN, L. A. Cytotoxic effect of commercial *Humulus lupulus* L. (hop) preparations: In comparison to its metabolomic fingerprint. Cairo: Journal of Advanced Research, 2012.

FISHER, J.; FISHER, D. **The homebrewer's garden: How to easily grow, prepare, and use your own, hops, malts, brewing herbs.** Massachusetts: Storey, 1998.

FREIBERGER, M.B. et al. Adubação fosfatada no crescimento inicial e na nutrição de mudas de pinhão-manso. {Viçosa, MG: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2014.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas.** 2003. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2003.

GONÇALVES, G. K. et al. Extratores de fósforo para o arroz irrigado em solos adubados com fosfato natural reativo. Lages: Revista de Ciências Agroveterinárias, 2012.

GRANT, C.A. et al. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Piracicaba: POTAFOS - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2001.

KNEEN, R. **Small scale and organic hops production.** British, Columbia, 2003

KROTH, P. L. **Disponibilidade de fósforo no solo para plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membrana.** 1998. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.

LAGES. [S.1.]: DB City.com, 2016.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem.** Piracicaba: ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1991.

LÚPULO presente na cerveja traz benefícios para a saúde e o bem-estar. Florianópolis: Diário Catarinense, 2013.

LÚPULO tem potencial para abastecer indústria cervejeira nacional. [Pedrogão Grande]: Agroproj, 2016.

MARCOS, J. A. M. et al. **Guia del cultivo del lúpulo.** [Galícia]: [s.n.], 2011.

MURPHY, J. ; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.[S.1.]: Elsevier . 1962.

PERAGINE, J. **Growing your own hops, malts, and brewing herbs.** Ocala: Atlantic, 2011.

RADTKE, V.M. et al. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico de Santa Catarina . Florianópolis :** Epagri, 1999.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres, 1991.

REINOLD, M. R. **Manual Prático de Cervejaria**. 1.ed. São Paulo: Aden Editora, 1997.

RODRIGUES, M.A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. M. **Jornada de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócios**. Bragança: Livro de Atas. 2015.

SANTOS, D. R. ; GATIBONI, L. C. KAMINSK, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. Santa Maria: Ciência Rural, 2008.

SÃO Mateus do Sul.[S.1.]: DB City.com, 2016.

SILVA, E. M. B. et al. Desenvolvimento de plantas de trigo submetidas à adubação fosfatada em Latossolo do Cerrado. Goiânia: ENCICLOPÉDIA BIOSFERA Centro Científico Conhecer, 2010.

SILVA, F. C. ; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. Brasília: Pesquisa Agropecuária. Brasileira, 1999.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição de plantas. [Piracicaba]: Informações agronômicas, 2015.

SILVA, R. J.S. ; VAHL, L. C. Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada num Neossolo Litólico distrófico da Região Sul do Rio Grande do Sul. Pelotas: Revista Brasileira Agrociência, 2002.

SOUSA, M. J. A. C. **Obtenção de plantas de *Humulus lupulus* L. resistentes a vírus**. Lisboa. 2005 Tese (Doutorado em Biotecnologia Vegetal. Universidade de Liboa. Lisboa 2005.

TEDESCO, MJ at al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

VELOSO, C.A.C. et al. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. Piracicaba: Scientia agrícola, 1992.

VILAR, C. C.; VILAR, F. C. M. Comportamento do fósforo em solo e planta. [S. 1.]: Campo Digital: Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias, 2013.

9 APÊNDICES

APÊNDICE I

Variáveis analisadas no tecido vegetal em função das doses de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$) no pH 4,9.

Variáveis analisadas	Doses de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$)			
	0	90	180	360
Altura de planta (cm)	51,375	78,875	83,750	137,250
Massa seca parte aérea (g)	1,133	2,493	2,520	2,930
Massa seca caule (g)	1,218	1,888	2,320	1,413
Massa seca raiz (g)	2,023	2,545	3,043	2,330
Massa seca total (g)	3,018	5,758	7,198	7,133
P na parte aérea(%)	0,080	0,105	0,145	0,110
P no caule (%)	0,155	0,193	0,200	0,213
P na raiz (%)	0,145	0,165	0,305	0,2925
Ca na parte aérea(%)	0,473	0,383	0,635	0,380
Ca no caule (%)	0,0875	0,070	0,0950	0,0775
Ca na raiz (%)	0,040	0,088	0,140	0,083
Mg na parte aérea(%)	0,448	0,363	0,442	0,355
Mg no caule (%)	0,250	0,168	0,162	0,164
Mg na raiz (%)	0,111	0,146	0,126	0,127
K na parte aérea(%)	0,833	0,865	0,970	0,530
K no caule (%)	1,868	1,868	1,225	1,195
K na raiz (%)	0,643	0,683	0,708	0,755
N na parte aérea(%)	2,950	2,383	3,650	1,745
N no caule (%)	1,218	1,888	2,320	1,413
N na raiz (%)	2,023	2,545	3,043	2,330
Clorofila na parte inferior da planta	25,375	22,475	20,700	23,400
Clorofila na parte mediana da planta	33,025	29,750	23,325	32,425
Clorofila na parte superior da planta	38,700	28,700	29,425	32,050

Fonte: Próprio autor, 2016,

APÊNDICE II

Variáveis analisadas no tecido vegetal em função das doses de P_2O_5 (kg, ha^{-1}) no pH 5,2.

Variáveis analisadas	Doses de P_2O_5 ($kg . ha^{-1}$)			
	0	90	180	360
Altura de planta (cm)	127,875	128,125	117,375	133,375
Massa seca parte aérea (g)	3,843	3,970	3,873	4,368
Massa seca caule (g)	0,818	0,595	0,728	0,738
Massa seca raiz (g)	3,940	4,493	5,003	4,355
Massa seca total (g)	8,600	9,058	9,603	9,460
P na parte aérea(%)	0,080	0,090	0,100	0,135
P no caule (%)	0,248	0,195	0,285	0,345
P na raiz (%)	0,243	0,313	0,363	0,490
Ca na parte aérea(%)	0,553	0,578	0,585	0,643
Ca no caule (%)	0,105	0,145	0,148	0,105
Ca na raiz (%)	0,100	0,113	0,113	0,108
Mg na parte aérea(%)	0,416	0,434	0,437	0,431
Mg no caule (%)	0,208	0,209	0,225	0,192
Mg na raiz (%)	0,157	0,184	0,188	0,196
K na parte aérea(%)	0,978	0,815	0,748	0,593
K no caule (%)	1,868	1,745	1,888	1,705
K na raiz (%)	1,090	1,163	1,253	1,435
N na parte aérea(%)	2,078	2,558	1,945	2,033
N no caule (%)	1,948	1,315	1,793	2,118
N na raiz (%)	2,565	2,335	2,400	2,303
Clorofila na parte inferior da planta	30,600	22,200	21,450	21,250
Clorofila na parte mediana da planta	40,678	34,625	31,625	30,225
Clorofila na parte superior da planta	40,375	35,825	36,650	30,800

Fonte: Próprio autor, 2016,

APÊNDICE III

Variáveis analisadas no tecido vegetal em função das doses de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$) no pH 6,0.

Variáveis analisadas	Doses de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$)			
	0	90	180	360
Altura de planta (cm)	101,375	137,000	137,375	143,875
Massa seca parte aérea (g)	3,420	3,973	3,718	3,588
Massa seca caule (g)	0,505	0,665	0,583	1,135
Massa seca raiz (g)	3,425	3,525	5,358	4,600
Massa seca total (g)	7,350	8,163	9,658	9,323
P na parte aérea(%)	0,088	0,088	0,100	0,123
P no caule (%)	0,115	0,233	0,393	0,353
P na raiz (%)	0,215	0,270	0,303	0,368
Ca na parte aérea(%)	0,815	0,765	0,780	0,833
Ca no caule (%)	0,155	0,148	0,145	0,130
Ca na raiz (%)	0,118	0,115	0,128	0,143
Mg na parte aérea(%)	0,456	0,454	0,458	0,473
Mg no caule (%)	0,231	0,224	0,247	0,215
Mg na raiz (%)	0,174	0,150	0,174	0,199
K na parte aérea(%)	1,053	0,648	0,660	0,515
K no caule (%)	1,808	1,925	1,965	1,768
K na raiz (%)	1,438	1,453	1,215	1,175
N na parte aérea(%)	1,903	2,208	1,553	2,253
N no caule (%)	1,535	1,973	1,3275	1,580
N na raiz (%)	2,720	2,430	2,090	1,993
Clorofila na parte inferior da planta	30,800	22,925	24,225	20,350
Clorofila na parte mediana da planta	37,850	31,028	30,050	34,300
Clorofila na parte superior da planta	39,175	34,050	31,625	28,250

Fonte: Próprio autor, 2016,

APÊNDICE IV

Variáveis analisadas no tecido vegetal em função das doses de P₂O₅ (kg,ha⁻¹) no pH 6,5.

Variáveis analisadas	Doses de P ₂ O ₅ (kg . ha ⁻¹)			
	0	90	180	360
Altura de planta (cm)	101,125	92,125	131,375	102,875
Massa seca parte aérea (g)	2,388	3,615	4,198	3,785
Massa seca caule (g)	0,720	0,810	0,933	0,955
Massa seca raiz (g)	2,105	2,985	4,095	4,355
Massa seca total (g)	5,213	7,410	9,225	9,095
P na parte aérea(%)	0,085	0,093	0,093	0,150
P no caule (%)	0,143	0,215	0,713	0,428
P na raiz (%)	0,180	0,240	0,318	0,393
Ca na parte aérea(%)	0,713	0,765	0,740	0,775
Ca no caule (%)	0,115	0,115	0,765	0,143
Ca na raiz (%)	0,240	0,173	0,180	0,198
Mg na parte aérea(%)	0,438	0,443	0,437	0,462
Mg no caule (%)	0,206	0,204	0,033	0,230
Mg na raiz (%)	0,204	0,181	0,201	0,197
K na parte aérea(%)	0,943	0,728	0,620	0,468
K no caule (%)	1,640	1,740	7,530	1,655
K na raiz (%)	1,108	1,300	1,153	1,208
N na parte aérea(%)	2,120	1,595	1,508	1,423
N no caule (%)	1,793	1,660	1,025	1,775
N na raiz (%)	1,978	2,420	2,425	2,420
Clorofila na parte inferior da planta	25,950	27,375	14,950	16,100
Clorofila na parte mediana da planta	37,250	33,275	34,050	32,300
Clorofila na parte superior da planta	34,300	30,650	31,650	30,600

Fonte: Próprio autor, 2016,

APÊNDICE V

Variáveis analisadas no solo em função das doses de P_2O_5 (kg, ha^{-1}) no pH 4,9.

Variáveis analisadas	Doses de P_2O_5 ($kg . ha^{-1}$)			
	0	90	180	360
Ca ($cmolc.dm^3$)	38,410	40,783	38,718	38,295
Mg ($cmolc.dm^3$)	1,200	3,773	3,670	3,475
Al ($cmolc.dm^3$)	6,338	6,225	5,915	5,885
K ($cmolc.dm^3$)	0,493	0,414	0,387	0,245
pH em H_2O	4,075	4,200	4,250	4,375
pH $CaCl_2$	3,925	3,900	3,975	3,875
Índice SMP	4,250	4,300	4,400	4,250
H+Al ($cmolc.dm^3$)	32,600	30,825	27,400	32,600
CTC efetiva ($cmolc.dm^3$)	46,440	51,193	48,690	47,898
Saturação Al (%)	13,658	12,178	12,153	12,225
Saturação por bases (%)	55,173	59,350	60,948	56,330
Matéria Orgânica (%)	3,700	3,175	3,475	3,100
P ($mg.dm^{-3}$)	2,300	2,900	7,150	8,400
CTC pH 7 ($cmolc.dm^3$)	72,703	75,793	70,175	74,613

Fonte: Próprio autor, 2016.

APÊNDICE VI

Variáveis analisadas no solo em função das doses de P₂O₅ (kg,ha⁻¹) no pH 5,2.

Variáveis analisadas	Doses de P ₂ O ₅ (kg . ha ⁻¹)			
	0	90	180	360
Ca (cmolc.dm ³)	9,415	9,300	22,685	26,460
Mg (cmolc.dm ³)	4,113	4,075	8,725	9,870
Al (cmolc.dm ³)	0,613	0,475	0,048	0,000
K (cmolc.dm ³)	0,818	0,529	0,295	0,233
pH em H ₂ O	5,050	5,075	5,850	5,975
pH CaCl ₂	4,875	4,900	5,600	5,575
Índice SMP	5,500	5,550	6,000	6,050
H+Al (cmolc.dm ³)	8,075	7,425	4,750	4,750
CTC efetiva (cmolc.dm ³)	14,960	14,380	31,753	36,565
Saturação Al (%)	4,088	3,225	0,140	0,000
Saturação por bases (%)	64,608	65,433	84,978	89,710
Matéria Orgânica (%)	4,475	5,450	3,950	6,675
P (mg.dm ⁻³)	3,400	4,925	4,475	6,775
CTC pH 7 (cmolc.dm ³)	22,423	21,330	36,455	40,740

Fonte: Próprio autor, 2016.

APÊNDICE VII

Variáveis analisadas no solo em função das doses de P_2O_5 (kg, ha^{-1}) no pH 6,0.

Variáveis analisadas	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,Doses de P_2O_5 ($kg \cdot ha^{-1}$),,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,			
	0	90	180	360
Ca ($cmolc.dm^3$)	28,405	30,323	29,628	29,978
Mg ($cmolc.dm^3$)	11,253	12,193	11,755	11,963
Al ($cmolc.dm^3$)	0,000	0,000	0,000	0,000
K ($cmolc.dm^3$)	0,419	0,405	0,312	0,259
pH em H_2O	6,175	6,500	6,475	6,850
pH $CaCl_2$	5,850	6,275	6,150	6,475
Índice SMP	6,450	6,700	6,575	6,800
H+Al ($cmolc.dm^3$)	2,675	2,025	2,300	1,750
CTC efetiva ($cmolc.dm^3$)	40,825	42,920	41,693	42,198
Saturação Al (%)	0,000	0,000	0,000	0,000
Saturação por bases (%)	93,718	95,523	94,763	96,023
Matéria Orgânica (%)	6,225	3,925	4,025	2,850
P ($mg.dm^{-3}$)	2,575	2,550	4,100	7,975
CTC pH 7 ($cmolc.dm^3$)	42,750	44,945	43,993	43,948

Fonte: Próprio autor, 2016.

APÊNDICE VIII

Variáveis analisadas no solo em função das doses de P₂O₅ (kg,ha⁻¹) no pH 6,5.

Variáveis analisadas	Doses de P ₂ O ₅ (kg . ha ⁻¹)			
	0	90	180	360
Ca (cmolc.dm ³)	26,705	14,543	13,885	14,433
Mg (cmolc.dm ³)	10,940	9,275	9,750	6,698
Al (cmolc.dm ³)	0,000	0,000	0,000	0,000
K (cmolc.dm ³)	0,446	0,377	0,325	0,266
pH em H ₂ O	7,000	7,200	7,200	7,175
pH CaCl ₂	6,575	6,875	6,775	6,700
Índice SMP	6,875	6,950	6,900	6,900
H+Al (cmolc.dm ³)	1,600	1,500	1,600	1,575
CTC efetiva (cmolc.dm ³)	38,000	24,193	23,960	21,665
Saturação Al (%)	0,000	0,000	0,000	0,000
Saturação por bases (%)	95,725	94,163	93,733	92,863
Matéria Orgânica (%)	3,600	3,125	3,250	3,475
P (mg.dm ⁻³)	2,850	2,625	3,900	6,850
CTC pH 7 (cmolc.dm ³)	39,690	25,693	25,560	23,240

Fonte: Próprio autor, 2016.

APÊNDICE IX

Regressões com as variáveis analisadas no solo (P, K, Mg, Ca, H+Al, saturação por bases, saturação Al, índice SMP, pH-H₂O, pH-CaCl₂, CTC efetiva, CTC pH 7 e Matéria Orgânica) nos pH 4,9; 5,2; 6,0 e 6,5. As tabelas em questão representam os resultados que apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Regressões	Variáveis analisadas	pH
$Y = 0,48995 - 0,0006683333.X$ $R^2=0,916675$	K	4,9
$Y = 32,6 + 0,00518519.X - 0,00036420.X^2 + 0,00000097.X^3$ $R^2 = 0,571141$	H + Al	4,9
$Y = 55,17052273 + 0,06092210.X - 0,00016028.X^2$ $R^2 = 0,613304$	Saturação por Bases	4,9
$Y = 2,3 - 0,030462963.X + 0,000506173.X^2 - 0,000001040.X^3$ $R^2 = 0,744161$	P	4,9
$Y = 9,415 - 0,135069444.X + 0,001813194.X^2 - 0,000003629.X^3$ $R^2 = 0,802680$	Ca	5,2
$Y = 4,1125 - 0,047030093.X + 0,000632215.X^2 - 0,000001270.X^3$ $R^2 = 0,776606$	Mg	5,2
$Y = 0,8247545455 - 0,0040883586.X + 0,0000067719.X^2$ $R^2 = 0,908496$	K	5,2
$Y = 5,05 - 0,007291667.X + 0,000103009.X^2 - 0,000000210.X^3$ $R^2 = 0,582461$	pH H ₂ O	5,2
$Y = 4,875 - 0,006666667.X + 0,000094907.X^2 - 0,000000197.X^3$ $R^2 = 0,625498$	pH CaCl ₂	5,2
$Y = 5,5 - 0,003564815.X + 0,000056327.X^2 - 0,000000117.X^3$ $R^2 = 0,512690$	Índice SMP	5,2
$Y = 7,93 - 0,011579365.X$ $R^2 = 0,443811$	H + Al	5,2
$Y = 3,7705 - 0,012110317.X$ $R^2 = 0,492829$	Saturação Al	5,2
$Y = 14,96 - 0,18376389.X + 0,00240123.X^2 - 0,00000479.X^3$ $R^2 = 0,781657$	CTC efetiva	5,2
$Y = 64,6075 - 0,17864583.X + 0,00255243.X^2 - 0,00000517.X^3$ $R^2 = 0,794647$	Saturação por Bases	5,2
$Y = 4,475 + 0,036759259.X - 0,000355710.X^2 + 0,000000752.X^3$ $R^2 = 0,301034$	Matéria Orgânica	5,2
$Y = 3,4 + 0,036365741.X - 0,000262731.X^2 + 0,000000522.X^3$ $R^2 = 0,936883$	P	5,2
$Y = 22,4225 - 0,17132639.X + 0,00215258.X^2 - 0,00000426.X^3$ $R^2 = 0,741676$	CTC pH 7	5,2
$Y = 0,42405 - 0,0004776984.X$ $R^2 = 0,841351$	K	6,0
$Y = 6,23 + 0,001714286.X$ $R^2 = 0,400549$	pH H ₂ O	6,0

$Y = 5,54 - 0,008150794.X$ $R^2 = 0,374298$	Matéria Orgânica	6,0
$Y = 2,467272727 + 0,000348485.X + 0,000041807.X^2$ $R^2 = 0,933137$	P	6,0
$Y = 5,85 + 0,009837963.X - 0,000068287.X^2 + 0,000000127.X^3$ $R^2 = 0,534959$	pH CaCl ₂	6,0
$Y = 11,587 + 0,00129286.X$ $R^2 = 0,059133$	Mg	6,5
$Y = 0,424050 - 0,0004776984.X$ $R^2 = 0,841351$	K	6,5
$Y = 25,81447727 - 0,12154710.X + 0,00025210.X^2$ $R^2 = 0,652786$	Ca	6,5
$Y = 36,92204545 - 0,12867803.X + 0,00024272.X^2$ $R^2 = 0,596180$	CTC efetiva	6,5
$Y = 2,738181818 - 0,001101010.X + 0,000035073.X^2$ $R^2 = 0,913796$	P	6,5
$Y = 38,49954545 - 0,12894192.X + 0,00024349.X^2$ $R^2 = 0,600056$	CTC pH 7	6,5

Fonte: Próprio autor, 2016.

APÊNDICE X

Quantidade de Alumínio no solo em relação ao pH, sendo o eixo Y a concentração de Al (cmoc.dm⁻³) e o eixo X o pH.

Regressão	Variável analisada
$Y = -2,9166X + 18,072$ $R^2 = 0,5069$	Al

Fonte: Próprio autor, 2016.