

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

JOSÉ MURILO CALIXTO VAZ

PROPORÇÃO ÁUREA EM MODELOS BIOLÓGICOS

Alfenas/MG

2014

JOSÉ MURILO CALIXTO VAZ

PROPORÇÃO ÁUREA EM MODELOS BIOLÓGICOS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ecologia e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas/UNIFAL-MG. Área de concentração: tecnologia ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Beijo
Coorientador: Prof. Dr. Sandro Barbosa

Alfenas/MG

2014

Vaz, José Murilo Calixto.

Proporção áurea em modelos biológicos / José Murilo Calixto Vaz.
- 2014.

49 f. -

Orientador: Luiz Alberto Beijo
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental) -
Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2014.
Bibliografia.

1. Cariótipo. 2. *Lactuca sativa*. 3. *Allium cepa*. 4. Segmento áureo.
I. Beijo, Luiz Alberto. II. Título.

CDD: 572.6



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG
Programa de Pós-graduação – Ecologia e Tecnologia Ambiental

Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700. Alfenas - MG CEP 37130-000
Fone: (35) 3299-1419 (Coordenação) / (35) 3299-1392 (Secretaria)
www.unifal-mg.edu.br/ppgecoambiental/



JOSÉ MURILO CALIXTO VAZ

“PROPORÇÃO ÁUREA EM MODELOS BIOLÓGICOS”

A Banca examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas. Área de Pesquisa: Tecnologia Ambiental.

Aprovado em: 27/02/2014

Prof. Dr. Luiz Alberto Beijo

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: _____

Prof. Dr. Fabrício Goeking Avelar

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: _____

Prof. Dr. Plínio Rodrigues dos Santos Filho

Instituição: UNIFAL-MG

Assinatura: _____

Aos meus pais, Antonio Murilo Vaz e Regina Lourdes Silva e Vaz, pela educação, confiança e carinho.

Dedico.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por me abençoarem e sempre guiarem meu caminho.

Aos meus pais (Murilo e Regina), pelo quais tenho um grande respeito, amor e que me deram toda educação fundamental para conseguir lutar na vida, acreditando e dando-me a oportunidade de mostrar meu potencial.

Ao professor Luiz Alberto Beijo, por me orientar durante a elaboração e execução deste trabalho essencial para minha capacitação profissional e como pessoa, dedicando o seu tempo e emprestando sua experiência, fato esse que conquistou minha admiração por tamanha competência e sabedoria.

Ao professor Sandro Barbosa, pela orientação deste trabalho e valiosa contribuição em minha formação profissional e pessoal.

Ao meu tio José Messias Martins, pela atenção, carinho e os sábios conselhos.

Aos amigos, Davi e Mateus, pelo companheirismo e dedicação no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao amigo Eduardo, pela ajuda com os recursos gráficos.

A minha querida professora, Juliana, pela correção gramatical.

A EMBRAPA – hortaliças por ceder as sementes de cebola.

A todos os colegas do Laboratório de Biotecnologia Ambiental & Genotoxicidade – BIOGEN, pela acolhida e ajuda nos trabalhos.

Ao curso de Pós Graduação em Ecologia e Tecnologia Ambiental pela oportunidade oferecida.

Agradeço.

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas;
é quem faz as verdadeiras perguntas.”

Claude Lévi-Strauss

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) e a cebola (*Allium cepa* L.) são vegetais de grande importância na alimentação dos brasileiros. Também são amplamente utilizadas como espécie-alvo em bioensaios, os quais são importantes para a determinação do efeito de agentes sobre partes de um organismo. O conhecimento sobre os aspectos morfológicos dos cromossomos de espécies alvo é extremamente importante. Desta forma, faz-se necessário a utilização de metodologias que possibilitem um conhecimento de características que estão relacionadas com a sensibilidade e/ou resistência dos materiais geneticamente distintos dentro da espécie-alvo. Um parâmetro a ser utilizado na descrição cariotípica é a identificação de proporção áurea na razão de braços de cromossomos. A proporção áurea encontrada em várias formas na natureza e utilizada em diversas áreas dos saberes do homem confere às estruturas uma maior estabilidade e resistência. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar metodologias para averiguar a presença de proporção áurea, bem como quantificar as variações cariotípica e morfométricas de sete genótipos de *Lactuca sativa* L. e de quatro genótipos de *Allium cepa* L., bem como identificar e quantificar a presença de proporção áurea na razão de braços dos cromossomos desses genótipos. A metodologia que estabelece a presença de proporção áurea fazendo uso da diferença entre o maior segmento e o menor multiplicado por Φ apresentou melhores resultados nos controles das taxas de erro tipo I e de poder. Houve variação da fórmula cariotípica de genótipos das duas espécies utilizadas para o estudo. Identificou-se a presença de proporção áurea nos pares cromossômicos em todos os genótipos. Há variação na quantidade de cromossomos que apresentam em proporção áurea entre os genótipos das espécies. Elas apresentaram entre um e quatro cromossomos em proporção áurea. Os resultados citogenéticos aqui relatados podem ser aplicados como ferramentas de auxílio na identificação de genótipos de *Lactuca sativa* L e de *Allium cepa* L. além de fornecer subsídios para futuros estudos de manipulação cromossômica.

PALAVRAS-CHAVE: Cariótipo. Espécie-alvo. *Lactuca sativa* L. Número de ouro. *Allium cepa* L.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and onion (*Allium cepa* L.) plants are of great importance in the diet of Brazilians. They are also widely used in bioassays as the target species, which are important for determining the effect of agents on parts of the body. Knowledge of the morphology of the chromosomes of target species is important. Thus, it is necessary to use methods that allow knowledge of characteristics that relate to the sensitivity and/or resistance of materials within genetically distinct target species. A parameter to be used in karyotype description is the identification of the golden ratio in the arm ratio of chromosome. The golden ratio found in various forms in nature and used in various areas of human knowledge structures confers greater stability and strength. The objective of this study was to evaluate methodologies for the presence of the golden ratio, as well as quantify the karyotypic and morphometric variation in seven genotypes of *Lactuca sativa* L. and four genotypes of *Allium cepa* L., and identify and quantify the presence of the golden ratio in the ratio arms of chromosomes of these genotypes. The methodology that establishes the presence of the golden ratio making use of the difference between the largest and smallest segment multiplied by Φ showed better results in the control of Type I error rates and power. There was variation in the karyotype formula of genotypes of the two species used for the study. Identified the presence of the golden ratio in chromosome pairs in all genotypes. There is variation in the number of chromosomes present in the golden ratio between genotypes and species. The species had between one and fourth chromosomes in golden ratio. Cytogenetic findings reported here can be applied as a tool to aid identification of genotypes and *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L. and provide insights for future studies of chromosomal manipulation.

KEY-WORDS: karyotype. Target species. *Lactuca sativa* L. Gold number. *Allium cepa* L.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Gráficos relacionando o tamanho de amostra ao controle do erro tipo I, quando o coeficiente de variação do menor segmento (cv_a) é igual a 10%... 31
- Figura 2: Gráficos relacionando o tamanho de amostra ao controle do poder do teste, quando o coeficiente de variação do menor segmento (cv_a) é igual a 10%... 31
- Figura 3: Gráficos relacionando o tamanho de amostra ao controle do erro tipo I, quando o coeficiente de variação do menor segmento (cv_a) é igual a 20%... 32
- Figura 4: Gráficos relacionando o tamanho de amostra ao controle do poder do teste, quando o coeficiente de variação do menor segmento (cv_a) é igual a 20%... 32
- Figura 5: Metáfase somática e idiogramas de diferentes genótipos de *Lactuca sativa* L. 34
- Figura 6: Metáfase somática e idiogramas de diferentes genótipos de *Allium cepa* L..... 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Genótipos de <i>Lactuca sativa</i> L. e seus respectivos agrupamentos com base em características morfológicas.....	27
Tabela 2	- Genótipos de <i>Allium cepa</i> L. e suas características morfológicas.....	27
Tabela 3	- Resumo da análise de variância para as características cariotípicas de diferentes genótipos de <i>Lactuca sativa</i> L.....	35
Tabela 4	- Médias das características cromossômicas de diferentes genótipos de <i>Lactuca sativa</i> L.....	35
Tabela 5	- Médias das características cromossômicas dos pares cromossômicos de <i>Lactuca sativa</i> L.....	36
Tabela 6	- Comparação das médias da razão de braço dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de <i>Lactuca sativa</i> L. (média e desvio padrão) quanto à proporção áurea.....	37
Tabela 7	- Resumo da análise de variância para as características cariotípicas de diferentes genótipos de <i>Allium cepa</i> L.....	39
Tabela 8	- Comparação das médias das características cromossômicas de diferentes genótipos de <i>Allium cepa</i> L.....	39
Tabela 9	- Médias dos braços curtos dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de <i>Allium cepa</i> L.....	40
Tabela 10	- Médias dos braços longos dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de <i>Allium cepa</i> L.....	40
Tabela 11	- Médias do inverso das razões de braço dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de <i>Allium cepa</i> L.....	40
Tabela 12	- Teste para proporção áurea de diferentes genótipos de <i>Allium cepa</i> L.....	41
Tabela 13	- Médias das razões de braço dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de <i>Allium cepa</i> L.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS

ANAVA	- Análise de variância
CE	- Cerbiatta (Catalonha)
cv	- Coeficiente de variação
DE	- Americana Delícia
DIC	- Delineamento inteiramente casualizado
DNA	- Ácido Desoxirribonucleico
GL	- Grandes Lagos
GR	- Grand Rapids - TBR
MaC	- Comprimento do maior cromossomo
MeC	- Comprimento do menor cromossomo
MI	- Maravilha de Inverno Manteiga
MO	- Mônica
ONU	- Organização das Nações Unidas
IPCS	- Programa Internacional de Segurança Química
UNEP	- Programa Ambiental das Nações Unidas
m	- Metacêntrico
sm	- Submetacêntrico
m^{sat}	- Metacêntrico com presença de satélite
sm^{sat}	- Submetacêntrico com presença de satélite
HCL	- Ácido Clorídrico
RB	- Razão de braço
Sat	- Satélite
SI	- Simpson Semente Preta
CTLH	- Comprimento total do lote haploide
CTi -	- Comprimento total do cromossomo
RB⁻¹	- Inverso da razão de braço
CM	- Cromossomo médio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2.1	BIOENSAIOS VEGETAIS	13
2.2	PROPORÇÃO ÁUREA	15
2.3	TESTES DE HIPÓTESES	20
2.4	SIMULAÇÃO DE DADOS	21
3	OBJETIVOS	23
3.1	OBJETIVO GERAL.....	23
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1	AVALIAÇÃO DE TESTES DE IDENTIFICAÇÃO DE PROPORÇÃO ÁUREA	24
4.1.1	Dados simulados	24
4.1.2	Metodologias avaliadas	25
4.2	OBTENÇÃO DOS GENÓTIPOS DE <i>Lactuca sativa</i> L. E <i>Allium cepa</i> L.....	26
4.2.1	Preparações citogenéticas	27
4.2.2	Morfometria cromossômica	28
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	TESTES PARA IDENTIFICAÇÃO DE PROPORÇÃO ÁUREA	30
5.2	PROPORÇÃO ÁUREA EM CROMOSSOMOS DE <i>Lactuca sativa</i> L. E <i>Allium cepa</i> L.	33
6	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE	49

1 INTRODUÇÃO

A utilização de bioensaios é uma metodologia importante para a determinação do efeito de agentes sobre partes de um organismo, como um órgão específico ou em seu DNA, assim como o seu efeito sobre o organismo como um todo. Dentre os agentes que podem ser avaliados através da utilização de bioensaios estão extratos oriundo de plantas, substâncias que apresentem efeitos citotóxicos, antioxidantes e genotóxicos.

Para a realização de bioensaios é necessária a utilização de uma espécie-alvo, podendo ser uma espécie vegetal ou animal. É extremamente importante o conhecimento sobre a espécie-alvo a ser utilizada, em todos os aspectos, fisiológicos, morfológicos, moleculares e gênicos. Assim, faz-se necessária a utilização de metodologias que possibilitem um conhecimento a respeito da sensibilidade ou resistência dos materiais geneticamente distintos dentro da espécie-alvo. Um padrão que pode estar relacionado a essa resistência é a proporção áurea.

Sempre associada às formas harmônicas e encontrada nas mais diversas formas de seres vivos, a proporção áurea fornece maior estabilidade, maior eficiência, e, estruturas regidas por ela seguem a lei da conservação da energia e a lei da conservação dos tecidos. Diversas metodologias são aplicadas com o intuito de identificar se duas medidas têm ou não proporção áurea, podendo-se destacar a análise da variância, o teste de t de Student, o teste Qui - Quadrado, métodos não paramétricos, além de decisões subjetivas.

Tendo em vista a ausência de um método padrão para certificação da presença de proporção áurea e de estudos sobre a sua presença em espécie-alvo de bioensaios, pretende-se, com o presente trabalho, avaliar dentre as metodologias usualmente aplicadas para identificar a proporção áurea, qual é mais precisa e acurada, bem como identificar se há presença de razão áurea na razão de braços dos cromossomos de genótipos de *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L., além de descrever e relacionar características genéticas desses genótipos com a ocorrência ou não de proporção áurea.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta os conteúdos que foram base para a construção do conhecimento a cerca dos temas utilizados, bem como para o desenvolvimento e conclusão do trabalho. Os conteúdos aqui abordados foram: bioensaios vegetais, proporção áurea e inferência estatística.

2.1 BIOENSAIOS VEGETAIS

Alterações ocorridas nos genótipos de populações, geração após geração, determinam danos e benefícios ao organismo e à sua descendência. Elas podem ocorrer espontaneamente nos organismos independentes do meio ambiente (RAVEN, 2007), porém a maioria delas é induzida por agentes físicos, químicos ou biológicos que afetam diretamente o material genético (CALVIELLOA et al., 2005). Esses agentes podem ser radiações ionizantes, radiação ultravioleta ou compostos químicos. Essas mudanças podem também ocorrer devido ao mau funcionamento no processo de replicação celular. Essas alterações causam diversas modificações ao genótipo do organismo e, dentre elas, é possível destacar a duplicação, a inversão, a translocação, aneuploidia e euploidia (RAVEN, 2007).

A interação entre o agente mutagênico e o material genético do organismo, segundo Ferreira e Matsubara (1997), pode causar danos a este, podendo levá-lo a apresentar doenças graves e até carcinogênese. Assim, bioensaios que possam determinar com rapidez a ação de agentes mutagênicos são importantes.

O desenvolvimento de bioensaios rápidos e simples tem sido alvo de pesquisas que buscam a determinação de substâncias com potencial genotóxico. Para realização desses bioensaios, utiliza-se de espécies-alvos. Estas variam de organismos simples como vírus, bactérias e fungos, até organismos complexos, como plantas e animais (OBE et al., 2004).

Os bioensaios permitem a investigação de mecanismos que estão em interação, possibilitando controlar variáveis que possam influenciar nos procedimentos de um teste, como a temperatura, disponibilidade de água, luminosidade e aeração (ASTARITA et al., 1996).

Segundo Grant (1999) e Ma (1995), os bioensaios vegetais têm vantagens sobre os bioensaios que fazem uso de animais, pois estes apresentam maior sensibilidade aos agentes genotóxicos e são mais simples de serem executados.

Os sistemas vegetais utilizados em bioensaios devem expressar resultados quando submetidos a baixas concentrações do agente genotóxico, apresentando germinação rápida e uniforme (FERREIRA e AQUILA, 2000).

A utilização de plantas em bioensaios com o propósito de monitorar a atividade genotóxica de diversas substâncias tem-se apresentado satisfatória, quando utilizadas às espécies *Allium cepa*, *Tradescantia*, *Vicia faba*, *Crepis capillaris*, *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* e *Zea mays* (GRANT, 1999) e *Lactuca sativa* (MONTEIRO et al., 2009).

Segundo Wang e Freemark (1995), as sementes de plantas são excelentes organismos para bioensaios de genotoxicidade, pois apresentam características importantes para o desenvolvimento destes. Permanecem dormentes e podem ser estocadas sem perder sua viabilidade. Quando hidratadas, saem de um estado de dormência e inicia-se a germinação, onde ocorrem intensas mudanças fisiológicas, tornando-se muito sensíveis a qualquer estresse ambiental.

A utilização de raízes dos sistemas testes *Allium cepa* L. e *Lactuca sativa* L. em bioensaios com o caráter de monitoramento da atividade de agentes genotóxicos é validado pelo Programa Internacional de Segurança Química (IPCS, OMS) e o Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP) (CABRERA e RODRIGUEZ, 1999 apud BAGATINI, 2007).

A espécie alvo *Allium cepa* L., apresenta complemento cromossômico diploide, constituído de $2n = 2x = 16$ (PAKNIA e KARIMZADEH, 2010; OKUMUS e HASSAN, 2000; FISKEJÖ, 1975). Paknia e Karimzadeh (2010) fizeram a análise cariotípica de 12 genótipos de *Allium cepa* L., nos quais encontraram para estes 3 fórmulas distintas: $14m + 2sm$ (oito populações), $12m + 4sm$, (duas populações) e $16m$ (duas populações).

Na determinação do potencial tóxico/genotóxico de níveis de poluição ambiental, El-Shahaby et al. (2003) e Fachinetto (2007) consideraram o sistema teste de *Allium cepa* L. o mais adequado.

A *Lactuca sativa* L. é uma planta dicotiledônea que pertence à família Asteraceae. A espécie apresenta fórmula cariotípica $2n = 2x = 18$ (MOUSAVI et al., 2013; MATOBA et al., 2007; HAQUE e GODWARD, 1985). Segundo Matoba et al. (2007), a fórmula cariotípica apresentada pela espécie é $4sm + 2sm/st^{sat} + 2sm + 2sm^{sat} + 2m/sm + 6m$, apresentando comprimento total do lote diploide (CTLD), médio e desvio padrão, igual a $71,99 \pm 6,31$.

Mousavi et al. (2013), analisaram 15 genótipos de *Lactuca sativa* L., encontrando uma grande variação quanto à fórmula cariotípica (14m+2sm+2st, 10m+8sm, 12m+4sm+2st, 10m+4sm+4st, 2m+16sm, 10m+6sm+2st, 12m+6sm e 4m+10sm+4st), ao comprimento cromossômico e à simetria cromossômica.

O sistema teste *Lactuca sativa* L. apresenta germinação rápida, crescimento linear insensível às diferenças de pH em ampla faixa de variação e insensibilidade aos potenciais osmóticos, o que confere vantagens de sua utilização em bioensaios. Porém, a principal vantagem do uso da espécie é a sua sensibilidade, mesmo a baixas concentrações de toxicantes (RICE, 1984). A Alface é utilizada por vários autores como sistema teste para a análise da genotoxicidade de um composto, amostra ou elementos como, por exemplo, metais (MONTEIRO et al., 2009; ŽALTAUSKAITE e ČYPAITE, 2008).

Para a caracterização cromossômica das espécies são considerados parâmetros como: comprimento total do lote haploide (CTLH), cromossomo médio (CM), índice centromérico (IC), comprimento do braço curto (BC), comprimento do braço longo (BL), inverso da razão de braço (RB^{-1}) e a razão de braço (RB), que é a razão entre o braço longo e o braço curto.

2.2 PROPORÇÃO ÁUREA

A proporção áurea, também conhecida como “divina proporção”, “razão áurea”, “número de ouro”, “secção áurea”, é encontrada nas mais diversas formas de seres vivos presentes na natureza e vem sendo empregada desde a antiguidade por áreas do conhecimento humano.

A primeira definição de proporção áurea é atribuída a Euclides de Alexandria, o qual chamou de “razão extrema e média”, em suas palavras: “Diz-se que uma linha reta é cortada na razão extrema e média quando, assim como a linha toda está para o maior segmento, o maior segmento está para o menor”. Essa divisão de linha que Euclides definiu com objetivo puramente geométrico alcançou resultados extraordinários devido a suas propriedades algébricas únicas (LIVIO, 2009).

De acordo com Livio (2009), para compreensão dessas, faz-se necessário determinar o valor encontrado do fracionamento de Euclides, o valor de Phi (Φ). Atribuindo quaisquer valores aos segmentos de retas pelos quais Euclides definiu a proporção áurea, $AC = b$,

CB = a , e AB = $(a+b)$, e os substituindo na razão por ele encontrada, tem-se $\frac{b}{a} = \frac{(a+b)}{b} = \Phi$. Considerando a equação, o termo $b = \Phi a$. Substituindo b na equação e multiplicando os dois lados por Φ , obtém-se $\Phi^2 = \Phi + 1$ que equivale a uma simples equação quadrática $\Phi^2 - \Phi - 1 = 0$. Resolvendo a equação, encontra-se as duas soluções possíveis para a proporção áurea: $\Phi_1 = (1 + \sqrt{5})/2$ e $\Phi_2 = (1 - \sqrt{5})/2$. A solução positiva $\Phi_1 = 1,618033988749894848204586834365\dots$ apresenta o valor de Φ , um número irracional. A solução negativa é igual ao inverso de Φ , ou seja, $\Phi_2 = (1 - \sqrt{5})/2 = -1/\Phi$.

Várias espécies de animais e outros elementos da natureza apresentam estruturas com proporção áurea. Na filotaxia (DOUADY e COUDER, 1996; LEVITOV, 1991), nas borboletas, nos “olhos” da cauda do pavão e na reflexão da luz (LIVIO 2009). Nas artes, vários pintores e escultores como: Fídias, Piero della Francesca, Leonardo da Vinci, Albrecht Durer, Picasso, Gino Severini, Rivera e Le Corbusier utilizaram das propriedades associadas à proporção áurea para produzir obras que encantassem por sua beleza. Lauro (2005) destaca que Le Corbusier propôs de acordo com a utilização da proporção áurea, um novo sistema de medidas relacionado à escala humana, sendo este aplicado à mecânica e à arquitetura, o Modulor. No ser humano, a proporção áurea também se encontra relacionada ao bom funcionamento do coração Henein et al. (2011) e a relações estéticas (BOZOLA et al., 2011; GIL e MÉDICI FILHO, 2002).

Desde a Antiguidade, vários filósofos, artistas, arquitetos e outros estudiosos interessaram-se pelas relações entre as proporções e a natureza. O filósofo Pitágoras descreveu a proporção áurea, relacionando a essência da beleza da natureza com as proporções matemáticas. Tal proporção aparece em vários elementos da natureza, tais como: a refração da luz, crescimento das plantas, marfins de elefantes, ondas no oceano, furacões, na proporção entre abelhas fêmeas e machos nas colmeias e também nas medidas do corpo humano. Esta medida foi usada na construção do Parthenon, templo dedicado a Athena, e também nos desenhos clássicos de Leonardo Da Vinci (CARVALHO, 1958).

A proporção áurea utilizada por Fídias na construção do Parthenon, também foi utilizada, com o passar do tempo, em outras construções. Em 1922, concluiu-se a construção da gigantesca Catedral de Notre Dame de Chartres, na França, considerada a rainha das catedrais góticas, onde a proporção áurea é encontrada em muitas formas espaciais da obra, desde as esculturas dos portais de entrada à alta estrutura da igreja e na espessura de seus

pilares. Um dos mais importantes arquitetos do século XX, Le Corbusier, fez uso da proporção áurea em suas obras. Uma delas é o edifício-sede da Organização das Nações Unidas (ONU), em Nova Iorque, onde há a presença de três retângulos com dimensões áureas em sua estrutura (LAURO, 2005). O arquiteto criou o Modulor, um sistema de medidas harmoniosas do ser humano aplicado à arquitetura. Esse sistema apresenta a proporção áurea em diversas relações métricas do corpo humano.

A proporção áurea também é encontrada nas proporções humanas e são alvo de estudos como os de Henein et al. (2011) que estudaram as dimensões cardíacas e funcionais do coração humano de mulheres suecas e chinesas, utilizando tecnologia de imagem 2D e 3D obtidas por ultrassom cardíaco ou por tomografia computadorizada. As médias das medidas cardíacas das mulheres de cada grupo foram comparadas através do teste *t* de Student não pareado. Os autores identificaram o efeito da etnicidade sobre o ventrículo esquerdo, quando compararam as medidas cardíacas, transversal e vertical, de um grupo de 30 mulheres suecas saudáveis com as de um grupo de 30 chinesas saudáveis. Concluíram que o ventrículo esquerdo das chinesas são menores, vertical e transversalmente, que o das suecas, e que nos dois grupos, a razão entre as medidas transversal e vertical é significativamente igual a proporção áurea. Dessa forma, inferiram que a presença da proporção áurea entre as medidas vertical e transversal do ventrículo esquerdo do coração humano de mulheres é importante para o seu funcionamento saudável.

O estudo também avaliou as dimensões do coração de indivíduos que apresentam insuficiência cardíaca, quando foram utilizadas medições cardíacas de 40 indivíduos sendo 20 com insuficiência cardíaca leve e 20 com estágio final da doença. Os corações que apresentavam insuficiência cardíaca leve tiveram o aumento do ventrículo esquerdo sobre o direito, que teve sua diminuição. Na fase final da insuficiência cardíaca, a razão do ventrículo esquerdo foi significativamente reduzida, assim a razão entre as medidas apresentaram valores em torno de 1,4. Dos indivíduos com esse grau da patologia, 50% morreram. Desta forma, os autores concluíram que, quando a proporção cardíaca é mantida em torno de 1,618, maiores são as chances de sobrevivência de pacientes que apresentam a doença.

Mizumoto et al. (2009) analisaram a existência de proporção áurea na face de 3 grupos de jovens mulheres japonesas, sendo o grupo 1 constituído por mulheres em tratamento ortodôntico; grupo 2, por modelos e o grupo 3, por atrizes famosas. Para verificar a existência da proporção áurea nas faces dos indivíduos de cada grupo, foram feitas 7 medições para o comprimento da face e 3 para largura, utilizando-se de imagens. O grupo 1 foi fotografado

especialmente para o trabalho, já as fotos dos grupos 2 e 3 foram retiradas de revistas, seguindo o critério de apresentarem as mesmas dimensões. A partir dessas medições, foram feitas relações entre pares destas, obtendo uma determinada proporção para cada par de interesse. Os valores encontrados nas razões entre os pares de interesse foram transformados em porcentagem, assumindo que a proporção áurea é 100%. Assim, os dados foram submetidos a uma análise de variância, em que observou-se que algumas das razões entre as medições em relação ao comprimento da face se encontraram em proporção áurea nos grupos 1 e 2, estando presente a proporção áurea em todas as medições do grupo 3. Quanto à largura, apenas o grupo 1 apresentou uma relação entre razões em proporção áurea.

Saraswathi (2007) utilizou a razão entre o comprimento da face, medido na linha média do rosto desde o início do couro cabeludo até a margem inferior do queixo, e a largura, feita através da medida da distância horizontal entre os pontos salientes lateralmente sobre o corpo de ambos os ossos zigomáticos, para classificar as faces humanas em curtas, normais ou longas, definindo que as faces normais teriam a sua razão igual à proporção áurea 1,6. Em faces curtas, a razão seria menor que 1,6 e as faces longas apresentariam razão superior a 1,6. Assim, na avaliação de seus dados, a autora, não utilizou um critério estatístico, mas sim um critério arbitrário para afirmar quando uma face é longa, normal ou curta.

Além da aplicação da proporção áurea como um referencial para padrões do comprimento da face, ela foi aplicada por profissionais na área odontológica, buscando que ao término de um tratamento, além da funcionalidade, o indivíduo apresentasse um perfil harmônico e esteticamente agradável (GIL e MÉDICI FILHO, 2002).

Takeshita et al. (2007) verificaram a proporção áurea em radiografias cefalométricas laterais em 37 pacientes portadores de má-oclusão Classe II, antes e depois do tratamento ortodôntico. As radiografias foram digitalizadas e marcados pontos nestas, aos quais foram atribuídos nomes. Cada dois pontos formaram um segmento de reta denominado fator. A partir dos pontos foram criadas as análises Áurea Trat1 e Trat2 com 19 fatores cada, e estabelecendo 19 razões entre os fatores correspondentes entre cada tratamento. Foram analisadas radiografias antes e após o tratamento ortodôntico, obtendo trinta e oito razões para cada paciente. Para análise estatística, subtraiu 1,618033 das razões encontradas, sendo as que mais se aproximassem de zero, mais próximas estariam da proporção áurea. A partir do teste *t* de Student pareado entre as médias das razões antes do tratamento e depois, foi observado que oito das dezenove razões eram diferentes estatisticamente. Dessas, sete continham proporção áurea, apresentando um resultado estético mais agradável ao paciente.

Várias formas apreciadas na natureza pela sua beleza também se encontram regidas pela proporção áurea, como as flores azaléia, petúnia e o jasmim-estrela. As sementes do girassol e as flores que formam a configuração dos flósculos das margaridas do campo estão dispostas em dois conjuntos de espirais sobrepostas, irradiando-se nos sentidos horário e anti-horário regidos pela proporção áurea (LAURO, 2005).

Além de estar presente nas belas estruturas da natureza, a proporção áurea também está relacionada à utilização de mínima energia para alguns sistemas como na filotaxia. Douady e Couder (1996) pingaram gotas de um fluido magnético no centro de um prato cheio de óleo de silicone ao qual foi aplicado um campo magnético, sendo à borda do prato o campo mais forte. As gotas foram empurradas radialmente pelo campo magnético, onde convergiam para uma espiral em que o ângulo áureo separava as sucessivas gotas. Sistemas físicos acomodam-se, geralmente, em estados que minimizam energia.

Gil (2001) e Ricketts (1981) relatam que estruturas regidas pela proporção áurea são esteticamente mais agradáveis, mais estáveis, funcionalmente eficientes e seguem a lei da conservação dos tecidos (mínima quantidade de material empregada na execução de determinada tarefa e da profunda eficiência). Os autores destacam que as estruturas em proporção áurea seguem a lei da conservação da energia (máximo desempenho com o mínimo de esforço).

Não existe em literatura um teste específico para identificar proporção áurea em estruturas. Porém, dentre os testes estatísticos utilizados, o teste *t* de Student (Chander et al., 2012; Henein et al., 2011; Ono et al., 2007), tem fornecido bons resultados.

Para identificação da proporção áurea, existem diversos métodos que são utilizados em distintas estruturas. Chander et al. (2012), avaliaram a presença de proporção áurea nos dentes de indígenas do sexo feminino e masculino. A metodologia utilizada multiplicava a largura do maior dente por 0,62 e comparava por meio de um teste *t* de Student sua igualdade a largura do menor dente.

Gil e Mé dici Filho (2002) e Peron et al., (2012) utilizaram o postulado de Euclides para validar a presença da proporção áurea por meio de um teste *t* de Student.

Outro método utilizado para determinar a presença da proporção áurea faz uso apenas da razão encontrada (SILVA et al., 2012; HENEIN et al., 2011; ONO et al., 2007; SARASWATHI, 2007). Saraswathi (2007) aplica apenas a razão entre o comprimento e a largura da face na determinação da proporção áurea. Faces que encontravam em proporção áurea 1,6 eram consideradas normais; Faces longas as que apresentavam razão igual ou

superior 1,7, e curtas as que apresentavam razão inferior a 1,6, não utilizando de qualquer teste estatístico para verificação dos dados.

Dentre os testes estatísticos utilizados para determinação da proporção áurea, estão o teste *t* de Student (CHANDER et al., 2012; HENEIN et al., 2011; ONO et al., 2007), ANAVA (MIZUMOTO et al, 2009), Qui-quadrado (SOARES, 2006), e teste *t* de Student pareado (TAKESHITA et al., 2007).

2.3 TESTES DE HIPÓTESES

Em estudos científicos, geralmente, são analisadas uma ou mais variáveis em uma determinada população. Porém, raramente é possível a obtenção da distribuição exata de uma variável em uma população, pois pode ser muito demorado realizar todas as medições (populações muito grandes), e em muitos casos, é inviável (caso de populações infinitas, ou situações que para obter a medida da variável aplica-se um processo destrutivo). Dessa forma, a inferência estatística é amplamente utilizada em estudos científicos, pois possibilita fazer afirmações sobre uma população a partir de uma parte desta, ou seja, uma amostra (BUSSAB e MORETTIN, 2002).

No processo de inferência, é necessária a determinação de dois fatores: os parâmetros populacionais e a teoria da decisão. Os parâmetros populacionais são medidas utilizadas na descrição de características de uma população, como a média (μ), a variância (σ^2) e a proporção (*p*). A partir de amostras da população pode se gerar estimadores para estes parâmetros, os quais são valores aproximados. As estimativas podem ser pontuais ou intervalares. Estimativas pontuais são aquelas que utilizam apenas um valor na determinação do parâmetro. Já as estimativas intervalares propõem que o parâmetro populacional esteja inserido dentro de um intervalo de confiança, o qual admite uma elevada probabilidade de conter o verdadeiro valor do parâmetro (FERREIRA, 2009).

Para determinação dos intervalos de confiança, utiliza-se da estimativa pontual, da qual são gerados limites inferior e superior, criando-se, assim, um intervalo para o parâmetro de interesse. Esses limites, geralmente, são estabelecidos a partir da soma e da subtração de um valor determinado, a margem de erro.

As inferências feitas sobre a população a partir da amostra, nunca poderão ser provadas como verdadeiras, pois sempre haverá uma possibilidade de se cometer o erro em aceitar ou rejeitar a afirmação testada (LOUREIRO e GAMEIRO, 2011). Estas afirmações ou conjecturas sobre uma ou mais populações são chamadas de hipóteses estatísticas (WALPOLE, 2009).

Os testes de hipótese consistem em testar a hipótese nula (H_0), sendo esta é a hipótese criada para o desenvolvimento de estudos populacionais (FERREIRA, 2009), podendo ser rejeitada ou não rejeitada, como parâmetro para população. Quando a hipótese nula é rejeitada leva a aceitação da hipótese alternativa (H_1), que é complementar a hipótese nula (WALPOLE, 2009).

Quando o parâmetro testado na amostra aproxima se ao da população o valor do teste aproxima-se de zero levando a não rejeição da hipótese nula. Quando o parâmetro se distancia o valor do teste se afasta de zero, levando a rejeição da hipótese nula e conseqüentemente aceitação da hipótese alternativa (BUSSAB e MORETTIN, 2002). Desta forma é possível chegar a duas conclusões:

Rejeitar H_0 : a favor de H_1 , pois os dados apresentam evidências suficientes.

Não rejeitar H_0 : pois os dados não apresentam evidências suficientes

Em testes de hipótese pode se levar a duas conclusões errôneas quanto a não rejeição ou rejeição da hipótese nula. Quando o teste leva a rejeitar a hipótese nula quando, na verdade ela é verdadeira, comete se o erro tipo I, também chamado de nível de significância. Também é possível concluir de forma errada sobre o teste quando não rejeitamos a hipótese nula e esta é na verdade falsa assim cometendo o erro tipo II tem associado a si o poder do teste. A probabilidade de se cometer estes erros pode ser reduzida aumentando o tamanho amostral (WALPOLE, 2009).

2.4 SIMULAÇÃO DE DADOS

Através de simulação de dados pode-se reproduzir em um ambiente controlado cenários da realidade com fidelidade, fazendo possível a repetição de comportamentos do real por

meio de computadores. Caracteriza um processo para imitar o comportamento de um sistema real, e assim estudar seu funcionamento sob condições alternativas (CHWIF e MEDINA, 2007).

Segundo Dachs (1988), o uso de métodos de simulação tornou-se cada vez mais frequente para estudar novos procedimentos estatísticos ou para comparar e avaliar o comportamento de diferentes técnicas estatísticas. A simulação de dados é, possivelmente, a área em que mais se usa geração de números aleatórios na atualidade. Foi com o aparecimento e evolução dos computadores que permitiu a um número crescente de pessoas possibilidade de realizar simulações, desde simples jogos, até modelos complexos.

O uso da simulação de dados tem uma grande diversidade de áreas de aplicação, basicamente sob duas linhas de atuação: problemas matemáticos completamente determinísticos, cuja solução é difícil, ou em problemas que envolvem o processo estocástico Monte Carlo. Esta técnica de simulação tem base probabilística ou estocástica, e de uma maneira geral, é um método utilizado para que sejam simulados dados (variáveis aleatórias) a partir de uma sequência pseudo aleatória, baseada na distribuição uniforme (0,1). Todo processo simulado que envolve um componente aleatório de qualquer distribuição é considerado como pertencente ao método de Monte Carlo. A única restrição para o uso deste método é a sua implicação quanto a distribuições cuja função distribuição seja desconhecida ou que a inversão não seja possível pela não existência de algoritmos numéricos. Felizmente, na literatura, existem inúmeros algoritmos eficientes de inversão das funções de distribuições comumente usadas pelos estatísticos (SANTOS, 2001).

3 OBJETIVOS

No capítulo 3, são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

3.1 OBJETIVO GERAL

Identificar e quantificar a presença de proporção áurea na razão de braços de cromossomos de genótipos das espécies *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Propor uma metodologia para averiguar a presença de proporção áurea.

Avaliar via simulação de dados, a taxa do poder e do erro tipo I de alguns testes utilizados para determinação de estruturas em proporção áurea.

Quantificar e identificar a presença de proporção áurea em cromossomos de diferentes genótipos das espécies vegetais, *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L., utilizadas em bioensaios.

Identificar variações quanto aos parâmetros morfométricos comprimento dos braços curtos, comprimento dos braços longos, comprimento total do lote haploide, razão de braço entre os diferentes genótipos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O capítulo 4 apresenta as metodologias e os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Esse capítulo é dividido em duas seções: 4.1 avaliação de testes de identificação de proporção áurea e 4.2 Obtenção dos genótipos de *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L.

4.1 AVALIAÇÃO DE TESTES DE IDENTIFICAÇÃO DE PROPORÇÃO ÁUREA

A seção 4.1 apresenta o procedimento, utilizando simulação de dados para avaliação de quatro metodologias para determinação de proporção áurea.

4.1.1 Dados simulados

Para simulação dos dados, foi utilizado o método de Monte Carlo, na geração de duas populações a e b , sendo que os dados simulados para população a apresentam valores menores que a população b , com o intuito de avaliar a taxa de erro tipo I e o poder de quatro testes utilizados na aferição de proporção áurea.

Para simulação dos dados experimentais (calcular as taxas de erro tipo I e o poder dos testes), foi utilizado o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

Foram simulados 5.000 amostras para cada combinação de tamanho amostral ($n = 2; 3; 4; 5; 10; 20; 30; 40; 50$) e coeficiente de variação (10%, 20%) em relação a média de a e coeficiente de variação (1%, 5%, 10%, 20%) em relação a média de b , para cada um dos cenários, sendo o cenário I aplicado para avaliar a taxa de erro tipo I e o cenário II aplicado para avaliar a taxa de poder dos testes. O nível de significância adotado foi de 5%. Para que os resultados não sofressem interferência do processo de simulação, estes foram simulados com base na mesma semente.

Para os cenários I e II, foram utilizados dois segmentos, a e b . Definiu-se cada um dos segmentos por meio de uma distribuição Normal, com média e desvio padrão conhecidos. Para o cenário I, fez-se uso de uma média arbitrária para a sendo 10,6. A média de b foi estabelecida através da média de a multiplicada pela proporção áurea ($\Phi=1,6180339887$). Para o cenário II, a média do segmento a foi 10,6. A média utilizada para o segmento b foi de a multiplicada por Φ e, posteriormente, somado 0,4.

Para determinar a taxa de erro tipo I e do poder de cada, teste foram somados nos cenários I e II, respectivamente, a quantidade de valores gerados diferentes da proporção áurea ao nível de 5% de significância e divididos por 5000, número total de valores gerados.

4.1.2 Metodologias avaliadas

Foram avaliadas quatro metodologias para determinação da proporção áurea, para a taxa de erro tipo I (cenário I) e poder dos testes (cenário II). Chamou as metodologias por:

i. Metodologia TRPA

Consiste na aplicação do teste t de Student para comparar se a média da razão entre os segmentos ($R=b/a$) é igual à proporção áurea (Φ), com a seguinte hipótese:

$$\begin{aligned} H_0 : \mu_R &= \Phi \\ H_1 : \mu_R &\neq \Phi \end{aligned} \tag{1}$$

ii. Metodologia TDZ

Consiste na aplicação de um teste t de Student, sobre o enunciado de Euclides para a razão extrema e média, que diz: “O maior termo está para o menor, assim como o todo está

para o maior”, $\Delta = \frac{b}{a} - \frac{(a+b)}{b}$.

Hipótese testada:

$$\begin{aligned}
 H_0 : \mu_{\Delta} &= 0 \\
 H_1 : \mu_{\Delta} &\neq 0
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

iii. Metodologia TPMPA

Consiste na utilização do teste t de Student pareado, na identificação da igualdade entre o valor de b e a multiplicação do termo a pela proporção áurea (Φ), $D = b - a\Phi$.

Hipótese testada:

$$\begin{aligned}
 H_0 : \mu_D &= 0 \\
 H_1 : \mu_D &\neq 0
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

iv. Metodologia WMPA

Consiste na utilização do teste de Wilcoxon, na identificação da igualdade entre o valor de b e a multiplicação do termo a pela proporção áurea (Φ), $D = b - a\Phi$.

Hipótese testada:

$$\begin{aligned}
 H_0 : \mu_D &= 0 \\
 H_1 : \mu_D &\neq 0
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

4.2 OBTENÇÃO DOS GENÓTIPOS DE *Lactuca sativa* L. E *Allium cepa* L.

Foram utilizadas sementes de seis genótipos comerciais de *Lactuca sativa* L. adquiridas comercialmente e quatro genótipos de *Allium cepa* L. fornecidos pela EMBRAPA – Hortaliças. As características fornecidas pelo fabricante e o respectivo agrupamento com base nas características morfológicas da planta (HENZ e SUINAGA, 2009) estão apresentados na Tabela 1 e 2.

Tabela 1 - Genótipos de *Lactuca sativa* L. e seus respectivos agrupamentos com base em características morfológicas.

Genótipo	Características		
	Validade	Pureza (%)	Grupo*
Delícia	01/08/14	100	Americana
Grandes Lagos	01/08/14	100	Americana
Maravilha de Inverno	01/03/14	99,6	Manteiga
Simpson Semente Preta	01/09/14	99,5	Crespa
Mônica	01/08/14	100	Crespa
Grand Rapids - TBR	01/08/14	100	Crespa

*Classificação de acordo com Resende et al. (2007).

Tabela 2 - Genótipos de *Allium cepa* L. e suas características morfológicas.

Genótipo	Formato do bulbo	Cor da película	Cor da escama
Franciscana - IPA 10	Globular achatado	Vermelho púrpura	Vermelho púrpura
Brisa - IPA 12	Globular achatado	Amarelo	Branca
Pira Ouro	Globular	Amarelo	Branca
Conquista	Globular	Amarelo	Branca

4.2.1 Preparações Citogenéticas

Sementes de cada genótipo foram colocadas para germinar em placas de Petri conforme descrito por Simões et al. (2013) com adaptações. Após a protrusão da raiz, estas foram coletadas e realizaram-se os procedimentos de pré-tratamento com Colchicina 0,05%. Posteriormente, as raízes foram fixadas em Carnoy por 24 horas, e armazenadas a -4°C.

Após a fixação, as raízes dos genótipos de *Lactuca sativa* L. foram lavadas duas vezes com água destilada, hidrolisadas em HCL 5N a temperatura ambiente por 8 minutos, lavadas novamente e coradas com Reativo de Schiff. Já as raízes dos genótipos de *Allium cepa* L. foram lavadas duas vezes com água destilada, hidrolisadas em HCL 1N a uma temperatura de 60°C por 10 minutos, lavadas novamente em água destilada e coradas com Reativo de Schiff.

Após esses procedimentos, as preparações citogenéticas foram confeccionadas de acordo com o procedimento descrito por Guerra e Souza (2002), Alvim et al. (2011) e Ribeiro et al. (2012), com modificações.

4.2.2 Morfometria cromossômica

Foram digitalizadas oito metáfases de cada genótipo de *Lactuca sativa* L. e cinco metáfases para os genótipos de *Allium cepa* L. utilizando objetiva de 100X e optovar de 1,6, com o auxílio de um microscópio Carl Zeiss Micro Imaging GMBH com sistema de captura acoplado Axion Vison. Para as medições, foi utilizado o software ImageTool for Windows Versão 3.00.

Para análise morfométrica dos cromossomos, foram obtidas as medidas do comprimento de braço curto (BC) e comprimento de braço longo (BL) de cada par cromossômico. A partir destes foram calculados o comprimento total do lote haploide ($CTLH = \sum Cti$), razão de braço ($RB = BL/BC$), inverso da razão ($RB^{-1} = BC/BL$), cromossomo médio ($CM = \sum Cti /n$).

Os cromossomos foram classificados de acordo com a posição do centrômero segundo Levan et al. (1964). Os pares foram organizados de acordo com o comprimento e posição do centrômero.

4.3 Análise estatística

Os dados morfométricos obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias dos genótipos de cada espécie foram comparadas pelo teste Scott-Knott. Para avaliar a pressuposição de normalidade dos resíduos, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variância foi verificada, utilizando-se o teste de Bartlett.

Não existe em literatura um teste específico para identificar proporção áurea em estruturas. Porém, dentre os testes estatísticos utilizados, o teste *t* de Student (Chander et al., 2012; Henein et al., 2011; Ono et al., 2007), tem fornecido bons resultados.

Para avaliar a presença de proporção áurea na razão de braços, foi utilizado o teste apresentado na seção 4.1.2, que demonstrou melhores resultados quanto à taxa de erro tipo I e poder.

Todos os testes foram realizados ao nível de 5% de significância, sendo para isto utilizado o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse capítulo é dividida em duas seções: 5.1 testes para identificação de proporção áurea e 5.2 Proporção áurea em cromossomos de *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L.

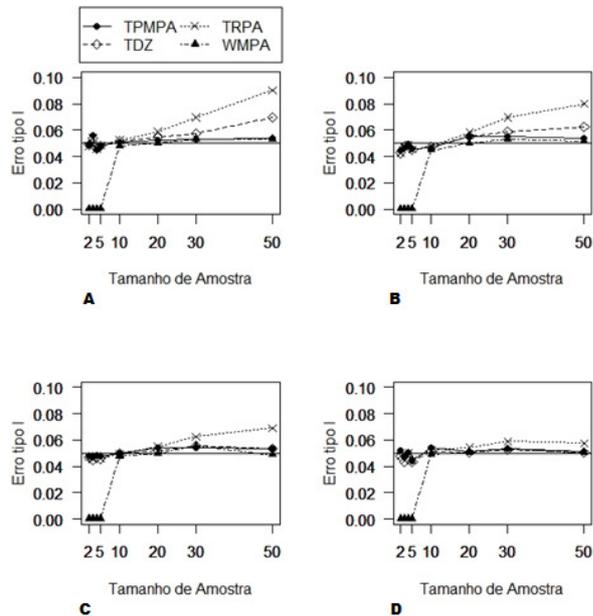
Na seção 5.1 é apresentado, por meio de gráficos, os resultados e as discussões sobre as metodologias utilizadas na determinação de proporção áurea. A seção 5.2 é dedicada à discussão dos resultados obtidos para os genótipos das espécies utilizadas neste trabalho.

5.1 TESTES PARA IDENTIFICAÇÃO DE PROPORÇÃO ÁUREA

Os resultados obtidos das taxas de erro tipo I e poder estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3 e 4. Podemos observar que os coeficientes de variação do menor segmento (cv_a) e do maior segmento (cv_b), utilizados na identificação da proporção áurea, tiveram efeito nas taxas de erro tipo I e no poder dos testes avaliados. Sendo assim, é imprescindível que o pesquisador tenha conhecimento destes coeficientes para escolha do teste adequado na identificação de proporção áurea.

Os resultados obtidos, para os testes TPMPA e WMPA (Figuras 1 e 2), que apresentaram coeficiente de variação para o menor segmento (cv_a) igual a 10% e o coeficiente de variação para o maior segmento (cv_b) iguais a 1% e 5%, indicaram a necessidade da amostra ter tamanho igual a 5 ($n = 5$) para que seja possível o controle do erro tipo I e que o teste apresente poder alto (> 80%). Para o teste TDZ, não é controlado o erro tipo I com $cv_b = 1%$ e $n = 50$; $cv_b = 5%$ e $n = 30$ e 50. Para o teste TRPA, não é controlado o erro tipo I com $cv_b = 1%$ e $n > 20$; $cv_b = 5%$ e $n > 30$. Já com $cv_a = 10%$ e $cv_b = 10%$ é necessário $n = 10$ para controlar o erro tipo I e apresentar um alto poder para os testes TPMPA, TDZ e WMPA. Para o teste TRPA, não é controlado o erro tipo I com $n = 30$ e 50. Para os casos de $cv_a = 10%$ e $cv_b = 20%$ é necessário $n = 20$ para controlar o erro tipo I e apresentar um alto poder para os testes TPMPA, TDZ e WMPA. Porém o teste TRPA não controla o erro tipo I com $n = 30$ (Figuras 1D e 2D).

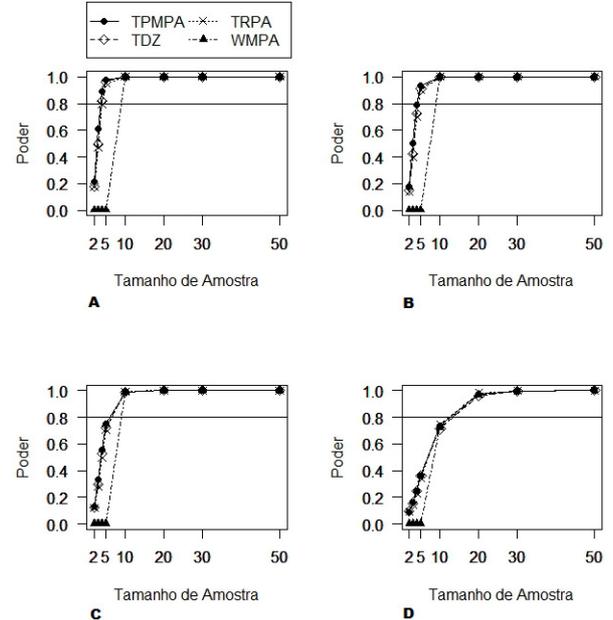
Figura 1: Gráficos relacionando o tamanho de amostra ao controle do erro Tipo I, quando o coeficiente de variação do menor segmento (cv_a) é igual a 10%.



Nota: Coeficiente de variação do maior segmento (cv_b) igual a 1% (A), 5% (B), 10% (C) e 20% (D).

Fonte: Do autor.

Figura 2: Gráficos relacionando o tamanho de amostra ao controle do poder do teste, quando o coeficiente de variação do menor segmento (cv_a) é igual a 10%

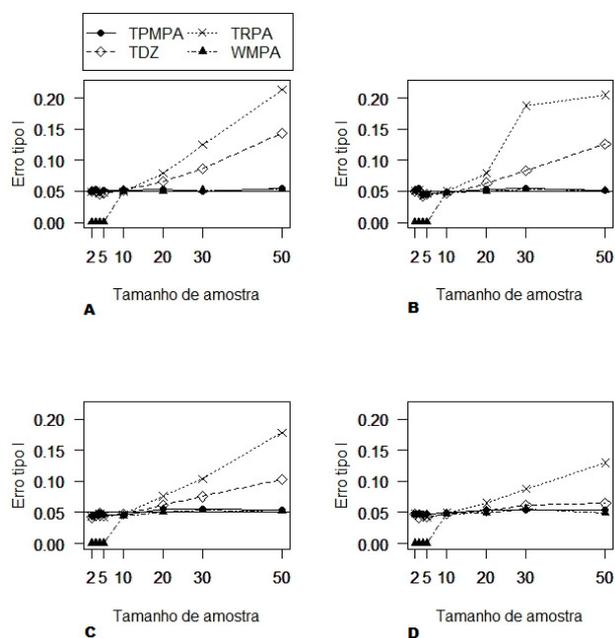


Nota: Coeficiente de variação do maior segmento (cv_b) igual a 1% (A), 5% (B), 10% (C) e 20% (D).

Fonte: Do autor.

Para os casos com $cv_a = 20\%$ e $cv_b = 1\%$, 5% e 10% é necessário que o tamanho de amostra seja igual a 10 ($n=10$) para controlar o erro tipo I e apresentar alto poder ($> 80\%$), para os testes TPMPA e WMPA. Entretanto, para o caso de $cv_a = 20\%$ e $cv_b = 20\%$ é necessário $n=20$ para controlar o erro tipo I e apresentar um alto poder para os testes TPMPA e WMPA. Para o teste TDZ não é controlado o erro tipo I com $cv_b = 1\%$, 5% e 10% e $n=20$, 30 e 50 ; e $cv_b = 20\%$ e $n=30$ e 50 . Para o teste TRPA não é controlado o erro tipo I com $cv_b = 1\%$, 5% e 10% e 20% e $n=20$, 30 e 50 (Figuras 3 e 4).

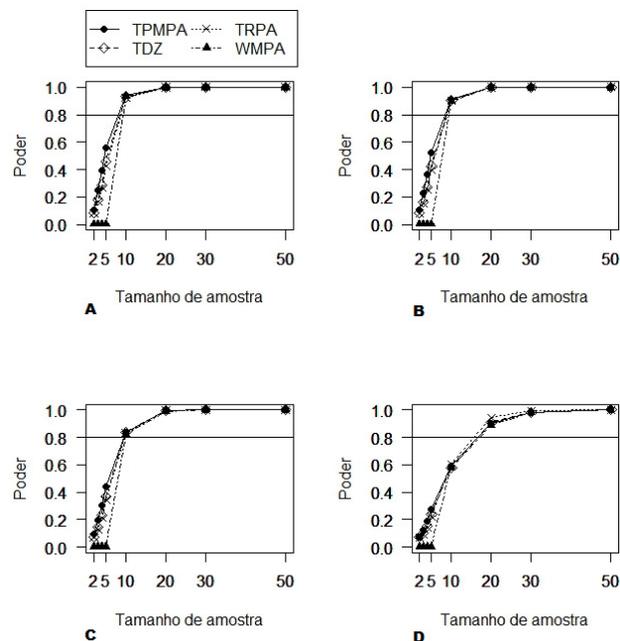
Figura 3: Gráficos relacionando o tamanho de amostra ao controle do erro Tipo I, quando o coeficiente de variação do menor segmento (cv_a) é igual a 20%.



Nota: Coeficiente de variação do maior segmento (cv_b) igual a 1% (A), 5% (B), 10% (C) e 20% (D).

Fonte: Do autor.

Figura 4: Gráficos relacionando o tamanho de amostra ao controle do Poder do teste, quando o coeficiente de variação do menor segmento (cv_a) é igual a 20%.



Nota: Coeficiente de variação do maior segmento (cv_b) igual a 1% (A), 5% (B), 10% (C) e 20% (D).

Fonte: Do autor.

Quando os coeficientes de variação dos dois segmentos são altos, tamanhos de amostra maiores são necessários para que os testes estudados tenham um alto poder.

O teste TDZ é utilizado por vários autores, como metodologia para averiguação da proporção áurea (GIL e MÉDICI FILHO, 2002; PERON et al., 2012). Muitos destes só avaliam o coeficiente de variação do método em relação à igualdade zero. Porém, os resultados deste trabalho mostram ser necessário o conhecimento do cv de cada segmento (a e b). Como apresentado nas Figuras 1, 2, 3 e 4, este método não controla o erro tipo I quando se associa um cv_a 10%, $cv_b = 1%$ e $n = 50$; cv_a 10%, $cv_b = 5%$ e $n \geq 30$; $cv_a = 20%$, $cv_b = 1%$ e $n \geq 20$; $cv_a = 20%$, $cv_b = 5%$ e $n \geq 20$; $cv_a = 20%$, $cv_b = 10%$ e $n \geq 20$; $cv_a = 20%$, $cv_b = 20%$ e $n \geq 30$.

O teste TRPA é utilizado, também, por muitos autores que buscam determinar a presença da proporção áurea (ONO et al., 2007, SILVA et al., 2012). Algumas associações não controlam o erro tipo I deste teste, são elas: $cv_a = 10%$, $cv_b = 1%$ e $n \geq 20$; $cv_a = 10%$, $cv_b = 5%$ e $n \geq 30$; $cv_a = 10%$, $cv_b = 10%$ e $n \geq 30$; $cv_a = 10%$, $cv_b = 20%$ e $n = 30$;

$cv_a = 20\%$, $cv_b = 1\%$ e $n \geq 20$; $cv_a = 20\%$, $cv_b = 5\%$ e $n \geq 20$; $cv_a = 20\%$, $cv_b = 10\%$ e $n \geq 20$; $cv_a = 20\%$, $cv_b = 20\%$ e $n \geq 20$.

Os testes TPMPA e WMPA controlaram o erro tipo I em todas as associações analisadas neste estudo.

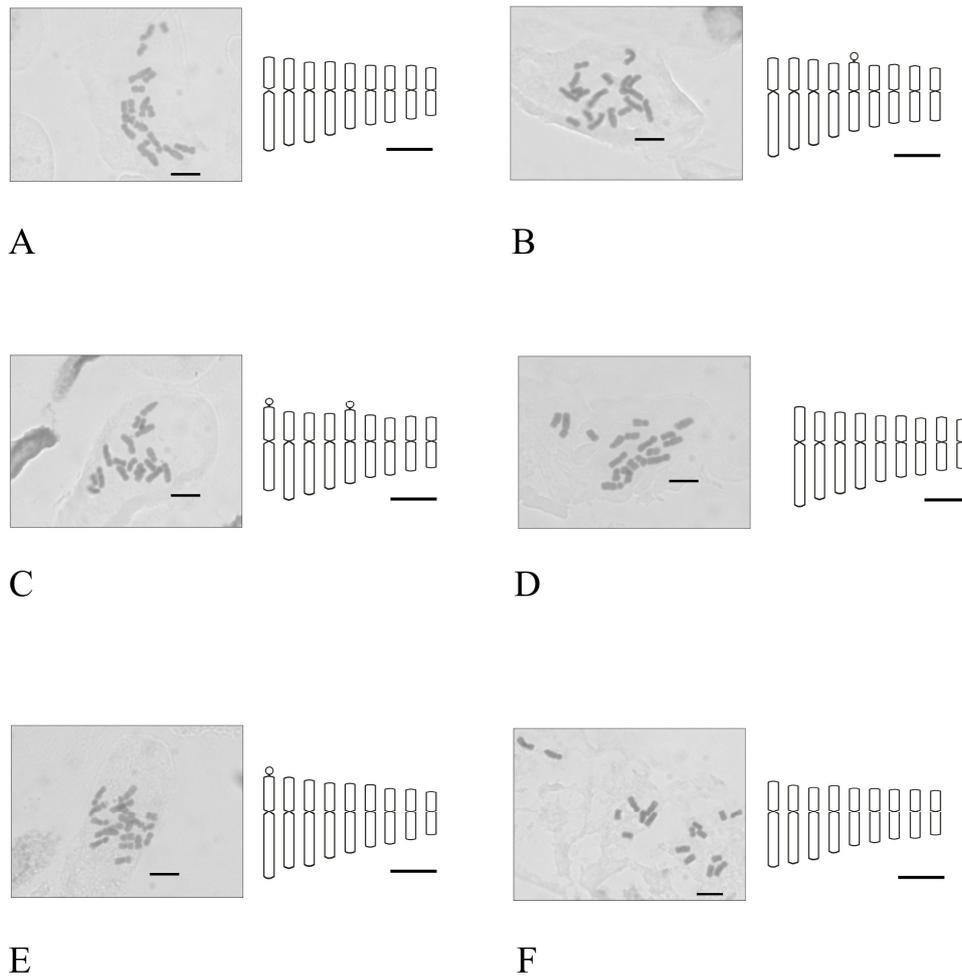
As associações $cv_a = 10\%$, $cv_b = 1\%$, 5% e $n \geq 5$ apresentam alto poder para todos os testes, exceto o WMPA que necessita de $n \geq 10$. Associações $cv_a = 10\%$, $cv_b = 10\%$ e $n \geq 10$ e $cv_a = 10\%$, $cv_b = 20\%$ e $n \geq 20$, também apresentam alto poder para todos os testes. As associações com $cv_a = 20\%$, $cv_b = 1\%$, 5% , 10% e $n \geq 10$, assim como $cv_a = 20\%$, $cv_b = 20\%$ e $n \geq 20$, o poder apresenta-se alto para todos os testes.

Os resultados observados para o teste WPMPA com amostra $n \leq 5$ acontecem, segundo Ferreira (2009), pelo fato de que o nível de significância determinado pela metodologia ($\alpha = 5\%$) ser inferior aos níveis críticos da distribuição nula para esses tamanhos de amostras.

5.2 PROPORÇÃO ÁUREA EM CROMOSSOMOS DE *Lactuca sativa* L. E *Allium cepa* L.

Os genótipos de *Lactuca sativa* L. utilizados para o estudo são diploides com $2x=2n=18$, com número básico de cromossomos do genoma $n=9$ (Figura 1). O número de cromossomos identificados corroboram com Mousavi et al. (2013), Matoba et al. (2007), Lindqvist (1960).

Figura 5: Metáfase somática e idiogramas de diferentes genótipos de *Lactuca sativa* L.



Nota: A – Grandes Lagos, B – Delícia, C – Maravilha de Inverno Manteiga, D – Simpson, E – Mônica, F – Grand Rapids. As barras nas metáfases somáticas representam 5 µm e nos idiogramas 2 µm.
Fonte: Do autor.

Na Tabela 3, é apresentado o resumo da análise de variância, onde são determinadas diferenças significativas, entre genótipos, para os seguintes parâmetros: comprimento do braço curto, comprimento do braço longo, razão de braço, inverso da razão de braço e cromossomo médio. Ressalta-se que para todos os parâmetros foram satisfeitas as pressuposições da ANAVA, ou seja, os resíduos apresentaram normalidade ($p > 0,05$) e homogeneidade de variância ($p > 0,05$).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características cariotípicas de diferentes genótipos de *Lactuca sativa* L.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado Médio dos Parâmetros				
		BC	BL	RB	RB ⁻¹	CM
Genótipo (G)	5	0,2661**	0,4987**	0,0270 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	1,4719**
Par Cromossômico (PC)	8	1,1911**	15,1346**	3,7515**	0,7402**	4,6359**
G x PC	40	0,0265 ^{ns}	0,0268 ^{ns}	0,0578 ^{ns}	0,0100 ^{ns}	0,0765 ^{ns}
Erro	378	0,0195	0,0462	0,0451	0,0085	0,0853
cv (%)		11,85	11,76	13,83	13,49	9,71

Nota: BC – Braço curto, BL – Braço longo, RB – Razão de braço, RB⁻¹ – Inverso da razão de braço, CM – Cromossomo médio. **Significativo pelo teste F ao nível de 5%. Ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%.

Fonte: Do autor.

Os resultados apresentados na Tabela 4 indicam que há variação cariotípica entre os genótipos utilizados para o estudo. O genótipo Maravilha de Inverno Manteiga apresentou fórmula cariotípica $2sm^{sat} + 6sm + 2m^{sat} + 8m$, sendo que os pares I e V com presença de satélite. Matoba et al. (2007) e Lindqvist (1960) demonstraram que o genótipos apresentaram satélite nos pares III e V. Mousavi et al. (2013) encontraram dois genótipos com presença de dois pares satelitados, sendo os pares III e IV, para o genótipo Borazjan e os pares II e VI para o genótipo Qom. O genótipo Delícia apresentou satélite no par V, sendo a fórmula cariotípica deste genótipo $6sm + 2m + 2m^{sat} + 8m$. O genótipo Mônica apresentou o par I com satélite sendo sua fórmula cariotípica $2sm^{sat} + 2m + 2sm + 12m$. Os genótipos Abtavil e Fasa, pesquisados por Mousavi et al. (2013), apresentaram o par I com satélite, corroborando com o presente estudo.

Tabela 4 - Média das características cromossômicas de diferentes genótipos de *Lactuca sativa* L.

Gen	BC	BL	RB	RB ⁻¹	CM	CTLH	sat	Cariótipo
DE	1,22 a	1,90 a	1,54 a	0,68 a	3,12 a	28,05 a	1	$6sm + 2m + 2m^{sat} + 8m$
GL	1,17 a	1,81 a	1,52 a	0,69 a	2,98 b	26,81 a		$6sm + 12m$
MI	1,20 a	1,88 a	1,55 a	0,68 a	3,08 a	27,72 a	2	$2sm^{sat} + 6sm + 2m^{sat} + 8m$
SI	1,20 a	1,84 a	1,52 a	0,69 a	3,04 b	27,36 a		$6sm + 12m$
MO	1,22 a	1,87 a	1,52 a	0,68 a	3,10 a	27,88 a	1	$2sm^{sat} + 2m + 2sm + 12m$
GR	1,06 b	1,67 b	1,56 a	0,68 a	2,73 c	24,60 b		$6sm + 12m$

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%.

Gen – Genótipo, BC – Braço curto, BL – Braço longo, RB – Razão de braço, RB⁻¹ – Inverso da razão de braço, CM – Cromossomo médio, CTLH – Comprimento total do lote haploide e Sat – Satélite.

Fonte: Do autor.

Os braços longos de *Lactuca sativa* L. apresentaram-se diferentes uns dos outros, sendo que seus tamanhos foram decrescentes a partir do par cromossômico I. O comprimento médio dos pares cromossômicos apresentou diferente em todos os pares, sendo o par I o maior e os seguintes ordenados em ordem decrescente, assim podemos considerar que os cromossomos foram ordenados de maneira satisfatória dentro de seus genótipos.

O genótipo Grands Rapids apresentou menor comprimento de braço curto, braço longo e CTLH em relação aos demais genótipos utilizados no estudo que apresentaram os mesmos comprimentos para essa característica, observado na Tabela 4.

Tabela 5 - Média das características cromossômicas dos pares cromossômicos de *Lactuca sativa* L.

Par	BC(μ m)	BL(μ m)	RB	RB ⁻¹	CM
I	1,45 a	2,71 a	1,87 a	0,54 e	4,17 a
II	1,34 b	2,46 b	1,84 a	0,55 e	3,81 b
III	1,26 c	2,27 c	1,81 a	0,56 e	3,53 c
IV	1,21 c	1,99 d	1,65 b	0,61 d	3,20 d
V	1,19 c	1,71 e	1,45 c	0,70 c	2,90 e
VI	1,10 d	1,52 f	1,39 d	0,73 b	2,62 f
VII	1,04 e	1,40 g	1,35 d	0,75 b	2,43 g
VIII	1,04 e	1,26 h	1,21 e	0,83 a	2,30 h
IX	0,97 f	1,13 i	1,17 e	0,86 a	2,10 i

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%, Par – par cromossômico, BC – Braço curto, BL – Braço longo, RB – Razão de braço, RB⁻¹ – Inverso da razão de braço, CM – Cromossomo médio.

Fonte: Do autor.

Podemos encontrar nos distintos genótipos de *Lactuca sativa* L. utilizados para o estudo uma diferença na presença de cromossomos em proporção áurea. Os genótipos que foram pertencentes ao grupo “Crespa” apresentaram menor número de cromossomos em proporção áurea que os genótipos dos grupos “Americana” e “Manteiga” como pode se observar na Tabela 6.

Os genótipos Grandes Lagos, Delícia e Maravilha de Inverno, apresentaram os pares IV; os pares III e IV; e o par III, respectivamente, em proporção áurea. Genótipos do grupo “Crespa”, Grand Rapids – TBR, Mônica e Simpson Semente Preta, apresentam respectivamente, os pares IV e V; os pares II, III, IV e V; e os pares III, IV, V, em proporção áurea. O par cromossômico IV apresenta-se em proporção áurea em todos os genótipos estudados. Observa-se na Tabela 5, que a média da razão de braço para o par IV é 1,65,

próxima de Phi (Φ), e diferente das médias dos demais pares para essa característica. Este resultado é indício de que os genótipos da espécie *Lactuca sativa* L. apresenta o par IV em proporção áurea.

Tabela 6 - Comparação das médias da razão de braço dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de *Lactuca sativa* L. (média e desvio padrão) quanto à proporção áurea.

Pares Cromossômicos	Americana				Manteiga		Crespa					
	GL		DE		MI		MO		GR		SI	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
I	1,98	0,25	1,98	0,16	1,81	0,26	1,89	0,20	1,84	0,13	1,83	0,16
II	1,76	0,21	1,80	0,26	2,00	0,20	1,69	Φ 0,28	2,02	0,30	1,91	0,24
III	1,89	0,29	1,73	Φ 0,27	1,90	0,18	1,73	Φ 0,29	2,03	0,37	1,73	Φ 0,24
IV	1,61	Φ 0,33	1,68	Φ 0,30	1,73	Φ 0,22	1,63	Φ 0,23	1,61	Φ 0,27	1,65	Φ 0,24
V	1,46	0,28	1,41	0,24	1,38	0,23	1,50	Φ 0,28	1,52	Φ 0,31	1,54	Φ 0,33
VI	1,40	0,23	1,42	0,19	1,40	0,16	1,36	0,22	1,40	0,24	1,34	0,13
VII	1,32	0,26	1,27	0,21	1,47	0,26	1,42	0,14	1,25	0,14	1,38	0,12
VIII	1,17	0,14	1,25	0,24	1,20	0,14	1,28	0,20	1,25	0,17	1,15	0,11
IX	1,12	0,12	1,30	0,12	1,11	0,11	1,18	0,16	1,16	0,14	1,16	0,12

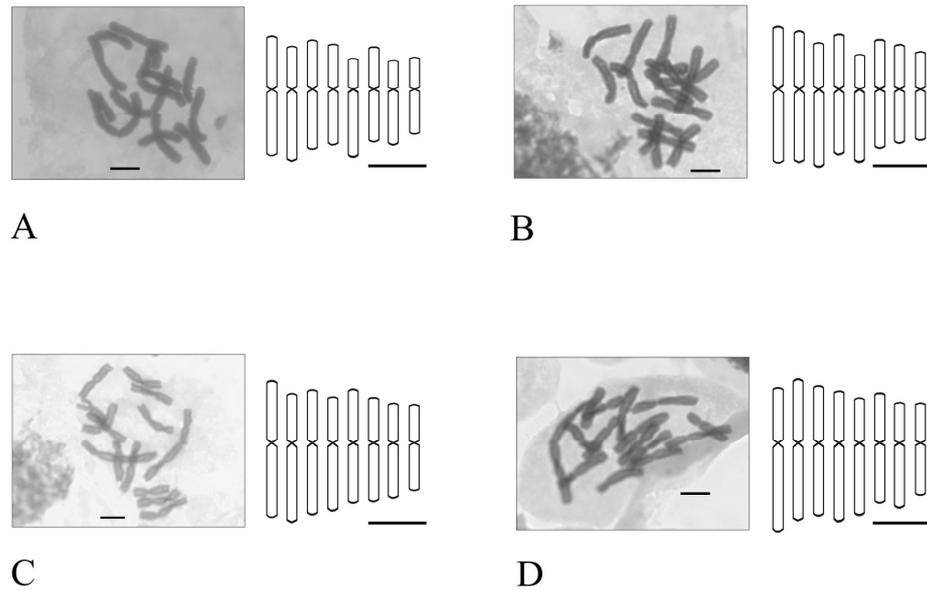
Nota: Médias seguidas de Φ apresentam-se em proporção áurea pelo teste *t* de Student ao nível de 5%.

Fonte: Do autor.

O genótipo Mônica foi considerado por Bitencourt e Silva (2010) resistente ao nematoide *Meloidogyne enterolobii*. Charchar e Moita (1996) avaliaram a resistência de genótipo de alface aos patógenos *M. incognita* raça 1 e *M. javanica*, observando que os genótipos Grands Rapids (TBR), Grands Rapids e A. Salinas, pertencentes ao grupo “Crespa” apresentaram grande resistência. Gomes et al. (2002) verificaram que genótipos pertencentes ao grupo “Crespa” Salinas 88, Lorca e Legacy apresentaram resistência a *M. incognita*. De acordo com o presente estudo, os genótipos de *Lactuca sativa* L. pertencentes ao grupo “Crespa” apresentaram maior número de cromossomos em proporção áurea. Desta forma, a proporção áurea pode ser um indicativo de genótipos mais resistentes.

Os genótipos de *Allium cepa* L. utilizados para o estudo são diploides com $2x=2n=16$, com número básico de cromossomos do genoma $n=9$ (Figura 6). O número de cromossomos identificados corrobora com Okumus e Hassan (2000) e Paknia e Karimzadeh (2010).

Figura 6: Metáfase somática e idiogramas de diferentes genótipos de *Allium cepa* L.



Nota: A – IPA-10, B – IPA-12, C – Pira Ouro e D – Conquista. As barras representam 5 μ m.
 Fonte: Do autor.

Na Tabela 7, é apresentado o resumo da análise de variância, onde são determinadas diferenças significativas, entre genótipos e seus pares cromossômicos, para os seguintes parâmetros: comprimento do braço curto, comprimento do braço longo, razão de braço, inverso da razão de braço e cromossomo médio, além da interação entre genótipo e par cromossômico. Ressalta-se que, para todos os parâmetros, foram satisfeitas as pressuposições da ANAVA, ou seja, os resíduos apresentaram normalidade ($p > 0,05$) e homogeneidade de variância ($p > 0,05$).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para as características cariotípicas de genótipos de *Allium cepa* L.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado Médio dos Parâmetros				
		BC	BL	RB	RB ⁻¹	CM
Genótipo (G)	3	5,5704**	4,621**	0,454**	0,056**	19,070**
Par Cromossomo (PC)	7	7,9322**	12,926**	0,440**	0,071**	38,095**
G x PC	21	0,7731**	0,851**	0,351**	0,062**	0,357 ^{ns}
Erro	127	0,3313	0,513	0,038	0,009	1,198
cv (%)		14,29	12,73	13,67	13,19	11,32

Nota: BC – Braço curto, BL – Braço longo, RB – Razão de braço, RB⁻¹ – Inverso da razão de braço, CM – Cromossomo médio. **Significativo pelo teste F ao nível de 5%. ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%.

Fonte: Do autor.

Os resultados apresentados na Tabela 8 indicam que há variação cariotípica entre os genótipos utilizados para o estudo. Na Tabela 7 observa-se que os genótipos Conquista e Pira Ouro apresentaram mesma fórmula cariotípica sendo que todos os cromossomos são metacêntricos. Os genótipos Franciscana IPA – 10 e Brisa IPA – 12 apresentaram cromossomos metacêntricos e submetacêntricos, de acordo com a classificação de Levan et al. (1964), sendo suas fórmulas cariotípicas, respectivamente, $2m+2sm+4m+2sm+2m+2sm+2m$ e $4m+2sm+2m+2sm+6m$. Nenhum cromossomo apresenta satélite. Esta variação na fórmula cariotípica dos genótipos também foi observado por Paknia e Karimzadeh (2010) em seus estudos. Eles encontraram dois genótipos que apresentavam fórmula cariotípica $16m$, dois genótipos apresentando $12m+4sm$ e oito genótipos que apresentavam $14m+2sm$.

O genótipo Franciscana IPA – 10 apresentou menor cromossomo médio entre os genótipos utilizados neste estudo. Os genótipos Pira Ouro, Conquista e Brisa – IPA 12 apresentaram cromossomo médio de mesmo tamanho. Os genótipos utilizados para o estudo apresentaram cromossomo médio variando entre 8,66 μm e 10,21 μm . Paknia e Karimzadeh (2010) encontraram variação do cromossomo médio entre 8,54 μm e 11,97 μm .

Tabela 8 - Comparação das médias das características cromossômicas de diferentes genótipos de *Allium cepa* L.

Genótipo	CM	CTLH	Cariótipo
IPA 12	9,93 a	79,77 a	$4m+2sm+2m+2sm+6m$
IPA10	8,66 b	72,67 a	$2m+2sm+4m+2sm+2m+2sm+2m$
Pira Ouro	9,85 a	78,15 a	$16m$
Conquista	10,21 a	78,99 a	$16m$

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%. CM – Cromossomo médio e CTLH – Comprimento total do lote haploide.

Fonte: Do autor.

Os genótipos Brisa – IPA 12 e Conquista apresentaram comprimento igual, entre si, em sete dos oito braços curtos, destes pares, seis apresentaram maior comprimento que os demais genótipos (Tabela 9).

Tabela 9 - Médias dos braços curtos dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de *Allium cepa* L.

Genótipo	Par I	Par II	Par III	Par IV	Par V	Par VI	Par VII	Par VIII
IPA 10	4,61 Ab	3,66 Bb	4,19 Aa	3,93 Bb	2,50 Cc	3,72 Ba	2,38 Cb	2,79 Ca
IPA 12	5,37 Aa	4,98 Aa	3,96 Ba	4,69 Aa	3,73 Bb	3,97 Ba	3,82 Ba	3,27 Ba
Pira Ouro	5,52 Aa	4,29 Bb	4,57 Ba	3,90 Cb	4,67 Ba	4,21 Ba	3,39 Ca	3,34 Ca
Conquista	4,59 Ab	5,08 Aa	4,77 Aa	4,50 Aa	3,90 Bb	4,32 Aa	3,52 Ba	3,07 Ba

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na mesma linha. Médias seguidas de mesma letra minúscula, na mesma coluna, são iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott – Knott.

Fonte: Do autor.

O genótipo Conquista apresentou maior comprimento de braços longos em todos os pares cromossômicos, sendo que as medidas variaram entre 7,33 μ m, no par I, a 4,37 μ m, no par VIII. Os genótipos Pira Ouro e Brisa – IPA 12 apresentaram mesmo tamanho de braço longo em todos os pares cromossômicos. Entre os genótipos todos apresentaram pelo menos cinco pares com mesmo tamanho de braço longo (Tabela 10).

Tabela 10 - Médias dos braços longos dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de *Allium cepa* L.

Genótipo	Par I	Par II	Par III	Par IV	Par V	Par VI	Par VII	Par VIII
IPA 10	5,55 Ab	6,34 Aa	5,31 Ab	4,89 Bc	6,04 Aa	4,51 Ba	4,92 Ba	3,94 Ba
IPA 12	6,49 Ab	6,45 Aa	6,84 Aa	5,78 Bb	5,61 Ba	5,21 Ba	4,77 Ca	4,34 Ca
Pira Ouro	6,38 Ab	6,91 Aa	6,24 Aa	5,99 Ab	5,21 Ba	5,01 Ba	5,03 Ba	4,09 Ca
Conquista	7,33 Aa	6,38 Ba	6,16 Ba	6,83 Aa	6,28 Ba	5,22 Ca	5,63 Ca	4,37 Da

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na mesma linha e médias seguidas de mesma letra minúscula, na mesma coluna, são iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott – Knott.

Fonte: Do autor.

O genótipo Brisa IPA – 12 apresentou maior média do inverso das razões de braço, em sete dos oito pares cromossômicos (Tabela 11).

Tabela 11 - Médias do inverso das razões de braço dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de *Allium cepa* L.

Genótipo	Par I	Par II	Par III	Par IV	Par V	Par VI	Par VII	Par VIII
IPA 10	0,82 Aa	0,58 Bb	0,79 Aa	0,82 Aa	0,49 Cc	0,83 Aa	0,49 Cc	0,71 Aa
IPA 12	0,82 Aa	0,78 Aa	0,59 Bb	0,82 Aa	0,67 Bb	0,76 Aa	0,80 Aa	0,74 Aa
Pira Ouro	0,86 Aa	0,62 Bb	0,73 Ba	0,66 Bb	0,89 Aa	0,85 Aa	0,67 Bb	0,82 Aa
Conquista	0,63 Bb	0,80 Aa	0,78 Aa	0,68 Bb	0,64 Bb	0,83 Aa	0,63 Bb	0,71 Ba

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na mesma linha e médias seguidas de mesma letra minúscula, na mesma coluna, são iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott – Knott.

Fonte: Do autor.

Observa-se na Tabela 12 que o genótipo Conquista apresenta quatro pares cromossômicos em proporção áurea, sendo este genótipo o que mais apresenta cromossomos com esta característica. Os genótipos Pira Ouro, Franciscana IPA – 10 e Brisa IPA – 12 apresentaram, respectivamente, três, dois e um par cromossômico em proporção áurea. O par I apresentou proporção áurea apenas no genótipo Conquista. O par II está em proporção áurea nos genótipos Franciscana IPA – 10 e Pira Ouro. Brisa IPA – 12 apresentou o par III em proporção áurea. Os genótipos Pira Ouro e Conquista apresentam os pares IV e VII em proporção áurea. O par V está em proporção áurea apenas no genótipo Brisa IPA – 12. Em todos os genótipos, os pares VI e VIII não apresentam proporção áurea na razão de braços.

Tabela 12 - Teste para proporção áurea de diferentes genótipos de *Allium cepa* L.

Pares Cromossômicos	IPA_10		IPA_12		PIRA OURO		CONQUISTA	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
I	1,23	0,19	1,22	0,14	1,17	0,13	1,60	Φ 0,11
II	1,74	Φ 0,15	1,29	0,15	1,61	Φ 0,09	1,27	0,18
III	1,29	0,19	1,73	Φ 0,19	1,37	0,14	1,31	0,23
IV	1,27	0,20	1,23	0,12	1,55	Φ 0,21	1,52	Φ 0,26
V	2,41	0,31	1,52	Φ 0,21	1,12	0,10	1,62	Φ 0,31
VI	1,21	0,12	1,32	0,13	1,21	0,17	1,23	0,19
VII	2,09	0,29	1,27	0,18	1,51	Φ 0,21	1,62	Φ 0,24
VIII	1,42	0,07	1,37	0,18	1,24	0,17	1,42	0,14

Nota: Médias seguidas de Φ apresentam-se em proporção áurea pelo teste *t* de Student ao nível de 5%.

Fonte: Do autor.

Para os pares que se apresentaram em proporção áurea em mais de um genótipo, suas médias de razão de braço foram iguais e diferentes das médias dos outros genótipos (Tabela 13).

Tabela 13 - Médias das razões de braço dos pares cromossômicos de diferentes genótipos de *Allium cepa* L.

Genótipo	Par I	Par II	Par III	Par IV	Par V	Par VI	Par VII	Par VIII
IPA 10	1,23 Db	1,74 Ca	1,29 Db	1,27 Db	2,41 Aa	1,21 Da	2,09 Ba	1,42 Da
IPA 12	1,22 Bb	1,29 Bb	1,73 Aa	1,23 Bb	1,52 Ab	1,32 Ba	1,27 Bc	1,37 Ba
Pira Ouro	1,17 Bb	1,61 Aa	1,37 Ab	1,55 Aa	1,12 Bc	1,21 Ba	1,51 Ab	1,24 Ba
Conquista	1,60 Aa	1,27 Bb	1,31 Bb	1,52 Aa	1,62 Ab	1,23 Ba	1,62 Ab	1,42 Ba

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na mesma linha. Médias seguidas de mesma letra minúscula, na mesma coluna, são iguais ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott – Knott.

Fonte: Do autor.

6 CONCLUSÃO

A metodologia que estabelece a presença de proporção áurea fazendo uso da diferença entre o maior segmento e o menor multiplicado por Φ , utilizando o teste t de Student pareado apresentou melhores resultados nos controles das taxas de erro tipo I e de poder.

Existe presença de proporção áurea na razão de braço dos cromossomos das espécies *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L., ocorrendo uma variação de um a quatro cromossomos em proporção áurea.

Existe variação da fórmula cariotípica entre os genótipos de ambas as espécies.

Os resultados citogenéticos aqui relatados podem ser aplicados como ferramenta de auxílio na identificação de genótipos de *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L., além de fornecer subsídios para futuros estudos de manipulação cromossômica.

Analisando especificamente a *Lactuca sativa* L conclui-se que:

- i. A espécie apresenta proporção áurea no par cromossômico IV.
- ii. O genótipo Mônica apresentou maior número de cromossomos em proporção áurea.
- iii. Os pares I, VI, VII, VIII e IX não apresentaram razão de braços com proporção áurea.
- iv. O genótipo Grands Rapids apresentou menor comprimento de braço curto, braço longo e CTLH dentre os genótipos.
- v. Apresenta comprimento de braço longo diferente entre os pares cromossômicos manifestando comportamento decrescente a partir do par I.

Analisando especificamente a *Allium cepa* L conclui-se que:

- i. O genótipo Conquista apresentou maior número de cromossomos em proporção áurea.
- ii. Os pares VI e VIII não se apresentam em proporção áurea.

REFERÊNCIAS

- ALVIM, L. B. et al. Avaliação da citogenotoxicidade de efluentes têxteis utilizando *Allium cepa* L. **Ambi-Agua**, v. 6, n. 2, p. 255-265, 2011.
- ASTARITA, L. V.; FERREIRA, A. G.; BERGONCI, J. I. Mimosa bimucronata: Allelopathy and osmotic stress. **Allelopathy Journal** v. 3, n. 1, p. 43-50, 1996.
- BAGATINI, M. D.; SILVA, A. C. F.; TEDESCO, S. B. Uso do sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador de genotoxicidade de infusões de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 444-447, jul./set, 2007.
- BITENCOURT, N.V.; SILVA, G.S. Reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em olerícolas. **Nematologia Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 181-183, 2010.
- BOZOLA, A. R.; LONGATO, F. M.; BOZOLA, A. P. Análise geométrica da forma da beleza da mama e da forma da prótese baseado na proporção Phi: aplicação prática. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 94-103, jan/fev/mar. 2011.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.
- CALVIELLOA, G. et al. DNA Damage and Apoptosis Induction by the Pesticide Mancozeb in Rat Cells: Involvement of the Oxidative Mechanism. **JANO**, v. 63, n. 14, p. 39 – 46, Jul. 2005.
- CARVALHO, B. A. **Desenho Geométrico**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1958.
- CHANDER, N. G., KUMAR, V. V., RANGARAJAN, V. Golden proportion assessment between maxillary and mandibular teeth on Indian population. **The Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 4, p. 72-75, 2012.
- CHARCHAR, J.M.; MOITA, A.W. Reação de cultivares de alface à infecção por misturas populacionais de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Meloidogyne javanica* em condições de campo. **Horticultura Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 185-189, 1996.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. 2. ed. São Paulo, 2007.

DACHS, J. N. **Estatística computacional**: uma introdução em turbo pascal. Rio de Janeiro, 1988. 236p. (Livros Técnicos e Científicos).

DOUADY, S.; COUDER, Y. Phyllotaxis as a Dynamical Self Organizing Process. Part I The Spiral Modes Resulting from Time-Periodic Iterations. **Journal of Theoretical Biology**, v. 178, n. 3, p. 255-274, 1996.

EL-SHAHABY, A. O. et al. Genotoxicity screening of industrial wastewater using the *Allium cepa* chromosome aberration assay. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 6, p.23-28, 2003.

FACHINETTO, J. M. et al. Efeito anti-proliferativo das infusões de *Achyrocline satureioides* DC (Asteraceae) sobre o ciclo celular de *Allium cepa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 49-54, 2007.

FERREIRA, A. L. A., MATSUBARA, L. S. Radicais Livres: Conceitos, Doenças Relacionadas, Sistema de Defesa e Estresse Oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 61-68, jan. 1997.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Estatística básica**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2009. 664 p.

FERREIRA, G. A.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. 12. ed. p. 175-204, 2000. (Edição Especial)

FISKEJÖ, G. Chromosomal relationships between three species of *Allium* as revealed by C-banding. **Hereditas**. p. 23-32, 1975.

GIL, C. T. L. A. **Proporção áurea craniofacial**. 1. ed. Livraria Editora Santos, São Paulo, 2001, 100p.

GIL, C. T. L. A.; MÉDICI FILHO, E. Estudo da proporção áurea na arquitetura craniofacial de indivíduos com oclusão normal, a partir de telerradiografias axiais, frontais e laterais. **Ortodontia**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 69-85, abr./jun, 2002.

GOMES, L.A.A. et al. Reação de cultivares de alface a infecção por *Meloidogyne javanica*. **Horticultura Brasileira**, v. 14, n. 1, p. 99, 2002.

GRANT, W. F. Higher plant assays for the detection of chromosomal aberrations and mutations - a brief historical background on their use for screening and monitoring environmental chemicals. **Mutation Research**, p. 107-112, 1999.

GRANT, W. F. Chromosome aberration assays in *Allium*. **Mutation Research**, v. 99, p. 273-291, 1982.

GUERRA, M.; SOUZA, M. J. **Como Observar Cromossomos: um guia de técnica em citogenética vegetal, animal e humana**. São Paulo: Funpec. 2002. 131p.

HAQUE, M. Z., M. GODWARD, B. E. Comparison between two genera, species and cultivars in Lactuceae. I. Karyotype analysis. **Cytologia**. n. 50, p. 725-738, 1985.

HENEIN, M. Y. et al. The human heart: Application of the golden ratio and angle. **International Journal of Cardiology**, v. 150, p. 239–242, 2011.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 2009. 7p. (Comunicado Técnico, n. 75).

LAURO, M. M. A razão áurea e os padrões harmônicos na natureza, arte e arquitetura. **Exacta**, v. 3, p.35-48, 2005.

LEVAN, A.; FREDGA, K.; SANDBERG, A. A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes, **Hereditas**, v. 52, n. 2, p. 201-220, 1964.

LEVITOV, L. S. Energetic Approach to Phyllotaxis. **Europhysics Letters**, v. 14, n. 6, p. 533-539, 1991.

LINDQVIST, K. On the origin of cultivated lettuce. **Hereditas**.v. 46, p. 319-350, 1960.

LIVIO, M. **Razão áurea: a história de Fi, um número surpreendente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Record, 2009. Tradução: Marcos Shinobu Matsumura

LOUREIRO, L. M. J.; GAMEIRO, M. G. H. Interpretação crítica dos resultados estatísticos: para lá da significância estatística. **Revista de Enfermagem Referência**. n. 3, p. 151 – 162, mar. 2011.

MA, T. H. et al. The Improved *Allium/Vicia* Root Tip Micronucleus Assay for Clastogenicity of Environmental Pollutants. **Mutation Research**, Orlando, v. 334, n. 5, p. 185 - 195, Oct.1995.

MATOBA, H. et al. Chromosomal study of lettuce and its allied species (*Lactuca* spp., Asteraceae) by means of karyotype analysis and fluorescence in situ hybridization. **Hereditas**, v. 144, p. 235-243, 2007.

MONTEIRO, M. S. et al. Microsatellite instability in *Lactuca sativa* chronically exposed to cadmium. **Mutation Research**, 672: 9094, 2009.

MOUSAVI, S. H. et al. Cytological study of chromosome and genome composition of Iranian Lettuce (*Lactuca sativa* L.) accessions. **European Journal of Experimental Biology**. n. 3, v. 1, p. 303-311, 2013.

MIZUMOTO, Y. DEGUCHI, T. FONGC, K.W.C. Assessment of facial golden proportions among young Japanese women. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics** v. 136, p. 168-74, 2009.

OBE, G. et al. Chromosomal Aberrations: Formation, Identification and Distribution. **Mutation Research**. Orlando, v. 504, n. 5, p. 17-36, Out. 2004.

OKUMUS, A., HASSAN, L. Karyotype analysis and folding rate of chromosomes in common onion (*Allium cepa* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 4, p. 613-614, 2000.

ONO, E. et al. M. Análise da proporção áurea em indivíduos dolico, braqui e mesofaciais, por meio de radiografias cefalométricas laterais. **Revista Odonto Ciência – Fac. Odonto/PUCRS**, v. 22, n. 56, abr./jun. 2007.

PAKNIA, R., KARIMZADEH, G. Karyotypic Study in Some Iranian Local Onion Populations. **Journal of Plant Physiology and Breeding**, v. 1, p. 49-56. 2010.

PERON, A. P. L. M. et al. Photometric study of divine proportion and its correlation with facial attractiveness. **Dental Press Journal of Orthodontics**. n. 17, v. 2, p. 124-31, Mar-Apr, 2012.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **An Introduction to R: Version: 2.15**. 2012. Disponível em< <http://www.r-project.org>>. Acesso em 20 de março, 2012.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, E. S. **Biologia Vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2007.

RESENDE, F. V. et al. **Cultivo de Alface em Sistema Orgânico de Produção**. Brasília: Embrapa, 2007. (Circular Técnica, nº56)

RIBEIRO, L. O. et al. Fitotoxicidade de extratos foliares de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] em bioensaio com alface. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, n. 2, p. 220-225, abr./jun. 2012.

RICE, E. L. Allelopathy. 2. ed. New York: **Academic Press**, 1984.

RICKETTS, R. M. The golden divine. **Journal of Clinical Orthodontics**, v. 15, n.11, p. 752-759, 1981.

RICKETTS, R. M. A four step method to distinguish orthodontic changes from natural growth. **Journal of Clinical Orthodontics**, v. 9, n.1, p. 218-228, 1975.

SANTOS, A. C. dos. **Definição do tamanho amostral usando simulação de Monte Carlo para os testes de normalidade univariado e multivariado baseados em assimetria e curtose**. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2001. 71p.

SARASWATHI, P. The golden proportion and its application to the human face. **Eur J Anat**, v. 11, p. 177-180, 2007.

SILVA, A. S. et al. Assessment of divine proportion in the cranial structure of individuals with AngleClass II malocclusion on lateral cephalograms. **Dental Press J Orthod.**, v. 17, p. 88-97, 2012.

SIMÕES, S. L. et al. Padronização de bioensaios para a detecção de compostos alelopáticos e toxicantes ambientais utilizando alface. **Biotemas**. v. 26, n. 3, p. 29-36, 2013.

SOARES, G. P. et al. Prevalência da proporção áurea em indivíduos adultos - jovens. **Revista Odonto Ciência – Fac. Odonto/PUCRS**, v. 21, n. 54, out./dez. 2006.

TAKESHITA, W. M. et al. Verificação da proporção áurea em radiografias cefalométricas laterais, de pacientes portadores de Classe II de Angle, antes e depois do tratamento ortodôntico. **Revista Odonto**. n. 29, jan-jun, 2007.

WALPOLE, R. E. et al. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. 8. ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2009. Tradução Luciane F. Pauleti Vianna.

WANG, W. C.; FREEMARK, K.; The use of plant for environmental monitoring and assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. v. 30, p. 289-301, 1995.

ŽALTAUSKAITE, J.; ČYPAITE, A. Assessment of Landfill Leachate Toxicity Using Higher Plants. **Environmental Research Engineering and Management**, v.46, n.4, p. 42-47, 2008.

APÊNDICE

Apêndice A - Rotina para testar proporção áurea na razão de braços das espécies *Lactuca sativa* L. e *Allium cepa* L.

Comando	Explicações
a=BC	vetor de valores do braço curto
b=BL	vetor de valores do braço longo
ra=1,6180339887	Phi
a2=ra*a	valor utilizado para braço curto
t.test(a2,b,mu=0,paired=TRUE)	teste <i>t</i> de Student pareado
razao=b/a	vetor de valores da razão entre os braços longos e curtos
M=mean(razao);M	media
DP=sd(razao);DP	desvio padrão
CV=DP*100/M;CV	coeficiente de variação