

HERMES DE OLIVEIRA MACHADO FILHO

**METAMORFOSES DO OLHAR, NA COMPREENSÃO SOBRE PLANTAS, EM
GOETHE**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATUREZA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

JOÃO PESSOA

2024

HERMES DE OLIVEIRA MACHADO FILHO

**METAMORFOSES DO OLHAR, NA COMPREENSÃO SOBRE PLANTAS, EM
GOETHE**

Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso (TACC) apresentado ao Curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Dr. Pedro Roberto Pontes Santos

JOÃO PESSOA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M149m Machado Filho, Hermes de Oliveira.
Metamorfoses do olhar, na compreensão sobre plantas,
em Goethe / Hermes de Oliveira Machado Filho. - João
Pessoa, 2024.
77 p.

Orientação: Pedro Roberto Pontes Santos.
TCC (Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas)
- UFPB/CCEN.

1. Morfologia das plantas. 2. Urfplanze. 3. Estudos
goethianos. 4. Biologia. I. Santos, Pedro Roberto
Pontes. II. Título.

UFPB/CCEN

CDU 57(043.2)

HERMES DE OLIVEIRA MACHADO FILHO

**METAMORFOSES DO OLHAR, NA COMPREENSÃO SOBRE PLANTAS, EM
GOETHE**

Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso (TACC) apresentado ao Curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba.

Data: 26/04/2024

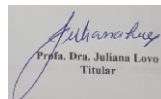
Resultado: APROVADO

Banca Examinadora:



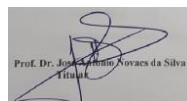
Prof. Dr. Pedro Roberto Pontes Santos

Presidente: Dr. Pedro Roberto Pontes Santos – DBM/CCEN/UFPB



Prof. Dra. Juliana Lovo
Titular

Membro: Dra. Juliana Lovo – DSE/CCEN/UFPB



Prof. Dr. José Antônio Novaes da Silva
Titular

Membro: Dr. José Antônio Novaes da Silva – DBM/CCEN/UFPB

*“É melhor ser atrevido, mesmo cometendo mais erros
do que ter a mente fechada e ser muito prudente”*

Vicent W. Van Gogh (1853 –1890)

AGRADECIMENTOS

Ao professor Pedro Roberto Pontes Santos, pela sua generosidade e orientação, desde à sala de aula, passando pelas reuniões virtuais e diálogos pelos corredores.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), através da Coordenação do Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, em especial, aos secretários do curso.

Aos meus professores, pelas valiosas disciplinas cursadas durante o curso e que me fizeram gostar mais ainda de ter voltado a estudar, em especial, aos professores da área da Botânica.

Aos meus vários colegas de sala de aula, em especial, aos da turma de Biologia 2018.2 e os do PIBID [2022-2024].

Aos meus amigos, em destaque, para Beto (também pela revisão do texto), Michele, Maria, Cris, Lucian, JC, Mércia, Otávio, Tânia e Rosa pelos bons momentos, nas conversas com vinho ou cafezinho.

Aos meus companheiros de trabalho, em especial, à Cleomar, Rosi, Maurício, Ruth, Gilcean, Tânia, Márcia e Deise, por sempre me apoiarem.

A toda minha família, pelo amor que compartilhamos sempre!

Agradeço a todos que não citei e que contribuíram diretamente (ou indiretamente) para realização deste curso (e deste trabalho) e dos quais não me lembrei neste pequeno espaço de tempo. Deixo aqui meus sinceros agradecimentos!!!

RESUMO

Goethe tinha uma forma própria de encarar o desenvolvimento corporal vegetal. Desta forma, este trabalho apresenta uma análise lexicográfica e do discurso da obra “A Metamorfose das Plantas”, além de um aporte educacional sobre como trabalhar o contexto histórico e filosófico dessa obra em sala de aula. Uma análise do discurso foi realizada seguindo a literatura pertinente, uma análise lexicográfica foi executada no software IRaMuTeQ®, dentro do espaço R, e realizada uma compilação de modelos de aprendizagem para contextualizar sobre o tema em sala de aula. Como principais resultados, destaca-se que apesar das pesquisas indicarem que Goethe detinha um método centrado em um estruturalismo morfológico, o contexto de suas explicações é mais amplo, indicando evidências fisiológicas, ecológicas e ontogenéticas. Do ponto de vista do ensino, foi proposto um conjunto de seis atividades educativas que podem ser utilizadas em sala de aula para trabalhar o tema de fronteira entre os sécs. XVIII e XIX do naturalismo científico, como o modelo fixista vs. modelo transformista de espécies; como forma de contextualizar a história e a filosofia das ciências naturais. Desta forma, este trabalho vem a somar aos estudos goethianos e seu contexto histórico, com um novo olhar sobre seu legado e seu tempo.

Palavras-chave: morfologia; fixismo; transformismo; *Urpflanze*; ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

Goethe had a proper way of facing the vegetable's bodily development. In this sense, this study presents a lexicographic and speech analysis of the book "The Metamorphosis of Plants", in addition to an educational contribution on how to work with the historical and philosophical context of this work in the classroom. The speech analysis followed the relevant literature; the lexicographic analyzes was carried out using the IRaMuTeQ ® software within the R space; the educational approach was accomplished through a bibliographic review of learning models. The main results highlight that although research indicates that Goethe had a method centered around morphological structuralism, the context of their explanations is broader, indicating physiological, ecological, and ontological evidence. From the teaching perspective, a set of six educational activities was proposed that can be used in the classroom to work on the theme of the border of scientific naturalism between the eighteenth and nineteenth centuries, like the fixist x transformist model of species as a way of contextualizing the history and philosophy of the natural sciences. In this way, this study adds to Goethian studies and his historical context, with a new look at his legacy and time.

Key-words: morphology; fixism; transformism; *Urpflanze*; teaching-learning.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1. CAPÍTULO I.....	13
1.1 Estado da Arte	14
1.2 Percorso metodológico	26
2. CAPÍTULO II	29
2.1 Análise lexicográfica do <i>corpus</i> textual	30
2.2 Abordagem ecológica-ontogenética	35
2.3 Abordagem morfofisiológica	43
3. CAPÍTULO III	49
3.1 Uma ponte da fronteira dos séculos XVIII e XIX do naturalismo europeu ao ensino da História e Filosofia das Ciências Naturais nos dias de hoje	50
3.2 Um pouco de filosofia para se entender a ciência	51
3.3 Situar o eixo fixismo/transformismo do naturalismo europeu pode ser trabalhado de diversas formas em sala de aula	53
3.4 Ensinar ou não ensinar HFC em sala de aula? Pressupostos da questão	60
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS.....	66

INTRODUÇÃO

O método científico alcançou um destaque metodológico diversificado na Modernidade (entre 1453-1789), principalmente, quanto aos aspectos inorgânicos da natureza. Porém, o problema das formas orgânicas persistiu. Era necessária uma proposta que conduzisse os estudos sobre as formas orgânicas e, de um modo geral, Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) foi um destes proponentes, com um ponto de vista que ficou conhecido como “*Urphänomene*” (Steigerwald, 2002) ou “Método do Metamorfismo” (Steiner, 2004), disseminado a partir da publicação de sua primeira obra na área das ciências naturais: “*Der Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu Erklären*”; ou traduzido livremente para o português como “*A Metamorfose das Plantas*”.

Goethe foi autor de duas obras Naturalistas, uma na área da Botânica, “*A Metamorfose das Plantas*” (1790), e a outra na área da Física, “*Doutrina das Cores*” (1810), além de diversas notas científicas em diversas áreas da Filosofia Natural. Porém, esse pensador destacou-se mais por ter sido fundador do Romantismo na literatura, quando publicou a obra “*Os sofrimentos do Jovem Werther*” (1774), seguido pelos textos: *Fausto I* (1803), *Afinidades Eletivas* (1809), *Viagem à Itália* (1817) e *Fausto II* (1832), além de escrever peças para o teatro e poemas. A partir das obras românticas de Goethe, o Romantismo alemão se espalhou pelo ocidente. Esse estilo literário era fundamentado por um rompimento com os preceitos clássicos e uma busca por originalidade pelas próprias ideias – valorização das subjetividades (Haser, 1998). Os escritores dessa época eram sujeitos a uma irresistível introspecção (travestido de drama) e uma tendência maníaca à auto-observação (fiel a si mesmo). O indivíduo (o próprio sujeito) era considerado um constante desconhecido (um segundo-eu) com propensão ao extremismo (Haser, 1998).

Goethe também vivia um contexto de autoafirmação de sentimento nacionalista pelas ruas, diante da proposta de unificação das cidades-estados alemãs, orquestrada por Bismarck. Haser (1998) descreve muito bem a Alemanha que Goethe vivia. As ruas estavam passando por um processo de higienização (crianças em escolas, criminosos em prisões, loucos em hospícios, doentes em hospitais, bichos em zoológicos, artistas em circos, etc.). A burguesia já detinha capital, mas não domínio político. Se sentia isolada das decisões. Por isso, havia um sentimento nas ruas de evasão expressa para ressignificar

e aceitar sua própria situação histórica, pois as revoluções liberais não trouxeram a abundância esperada (“o mal do século” = estafa, depressão).

O cenário acadêmico da História Natural também passava por uma crise. Uma efervescência de ideias pré-cientificistas, inspiradas pelos iluministas, incitou uma crise do essencialismo platônico-aristotélico e uma forte rejeição às marcas da medievalidade (Haser, 1998), conseqüentemente, dos dogmas fixismo e criacionismo. Os materiais extra-mares coletados e trazidos das colônias americanas, africanas e asiáticas para os herbários europeus indicavam que a diversidade de espécies era bem maior do que se pensava, logo a ideia de variação já circulava pelos corredores das faculdades de Filosofia Natural há algum tempo (Mateos, 2000). No final do séc. XVIII, aumentavam os estudos sobre microscopia. O “*emboîtement*” e qualquer concepção mecanicista no ambiente acadêmico também estavam passando por críticas (Mateos, 2000; Kelley, 2007; Bach-JR, 2014), e cresciam propostas alternativas (transformistas), culminando com o início de um movimento organicista para explicações da natureza (Borchmeyer, 1994; Holdrege, 2014; Levit *et al.*, 2015).

Goethe trabalhava como estadista do Sacro Império Romano-Germânico, mas atuava como enciclopedista no que se referia à História Natural (Mineralogia, Anatomia e Fisiologia Humana, Física, Botânica, etc.). Como botânico, iniciou seu interesse ingênuo em “plantas domésticas”, passando por um curto momento voltado ao estudo da taxonomia vegetal lineana, o que sucedeu à fase de inteira concentração à morfologia comparativa (Wardlaw, 1946; Larson, 1967), principalmente sobre variações intraespecíficas. Ao se deparar com essas variações e novas espécies na Itália, Goethe começou a elaborar suas ideias sobre uma morfologia desenvolvimentista vegetal, a partir da variabilidade entre indivíduos de uma mesma espécie e de espécies diferentes. Ambas as variações seriam desdobramentos de uma manifestação primordial ou “*Urpflanze*”. Nesse sentido, para a história do naturalismo europeu, a contribuição de Goethe alcançou uma discussão mais filosófica que anatômica, reconciliando uma antítese entre os sentidos e o intelecto. Uma abordagem que a Ciência tradicional procura evitar.

Vários pesquisadores já se debruçaram em analisar a obra “*A Metamorfose das Plantas*”, tentando compreender o conceito de metamorfose em si (Ribeiro, 2017), a natureza do seu método (Bach-JR, 2014; Holdrege, 2014) ou tentando reproduzir esse método (Holdrege, 2005), nas discussões de uma estrutura conforme um “*Bauplan*” ou “*Gestalt*” vegetal (Brady, 1984, 1987; Schilperoord, 2007; Levit *et al.*, 2015). Ainda

sobre essa linha morfológica, a obra de Goethe foi relacionada com a tendência-espiral (Mainberger, 2010) ou ao metamerismo (Schilperoord, 2007) no reino das plantas. E transcendendo a morfologia, alguns pesquisadores relacionam as ideias contidas em sua obra como uma centelha pré-evolucionista (Kelley, 2007; Robin, 2011; Riegner, 2013).

Apesar de Goethe ter como pano de fundo inferências ontogenéticas, ecológicas e fisiológicas, esse campo foi pouco explorado em sua obra (Reill, 1986). A maioria dos trabalhos que discutem a obra naturalista de Goethe encara a “*Urpflanze*” como uma fórmula ou uma regra ou uma lei centrada na forma externa (foi considerado o “pai da Morfologia”) e de forma ainda muito superficial. E quanto a sua concepção de forças internas/externas de formação do corpo vegetal e suas variações expressas na natureza? Uma discussão sobre suas percepções ontogenéticas-ecológicas-fisiológicas precisava ser realizada para colaborar no entendimento das ideias organicistas modernas do poeta/naturalista e como seu olhar foi sofrendo também uma metamorfose, a partir de seus exemplos alvo.

Desta forma, argumentamos neste trabalho que o “método morfológico”, baseado no modelo proposto por Goethe, muito além de conceber qualquer avanço de destaque na fenomenologia das formas orgânicas, teve implicações causais, no que se chamaria, no século seguinte, de concepções pré-evolucionistas, mais especificamente trabalhando o conceito de metamorfose a partir da concepção ecológica-ontogenética-fisiológica. Logo, este trabalho analisa o discurso de Goethe na obra “*A Metamorfose das Plantas*”, essencialmente, para compreender como, a partir de seus exemplos analisados, foi construído um entendimento de morfologia vegetal comparada e, mesmo que, sem objetivo concreto, também a construção de uma perspectiva pré-evolucionista na Alemanha do séc. XVIII. Também apresenta os resultados de uma caracterização lexicográfica da obra, analisando o *corpus* textual a partir de estatísticas exploratórias; e, por fim, discutir sobre as bases fisiológicas botânicas que o naturalista aponta como indutoras dos processos metamórficos das plantas.

Ademais, apresentam-se, no último capítulo, quatro modelos de como trabalhar os conceitos da fronteira séc. XVIII e XIX do naturalismo europeu, com enfoque aos debates que envolveram o fixismo, o transformismo e o evolucionismo. Sendo esses modelos indicados, adaptações da literatura de ensino de história e de ensino das ciências para o ensino da História e da Filosofia das Ciências Naturais, em específico para a o ensino de Ciências Naturais e Biologia.

Capítulo I

1.1 ESTADO DA ARTE

O estilo de explorar dos naturalistas setecentistas sugeria o exercício individual de aperfeiçoar a visão (Adler, 1989). Nos discursos da idade moderna, o olho (o órgão em si), se tornou soberano quando comparado aos demais órgãos dos sentidos, seja para qualquer das áreas do conhecimento (Adler, 1989; Amirou, 1995). O método em si recomendava que o naturalista não levasse consigo seus manuais enciclopédicos, mas procurasse descrever sua própria experiência a partir da observação. Foi assim que Goethe, enquanto desfrutava da paisagem em uma viagem à Itália, transformava sua percepção visual para produzir uma experiência estética, que levaria a construção de um modelo arquetípico no naturalismo europeu, mais especificamente, na Botânica.

Goethe construiu e aprimorou suas ideias após essa passagem de dois anos pela Itália, observando espécies diferentes e variações das mesmas em condições ecológicas distintas. Acreditava cada vez mais que “*seria possível fazer remontar todos os tipos de plantas a uma única*” (Goethe, 1993a), pois estava “*próximo da solução do problema da planta primordial*”. Sua obra, “*Der Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu Erklären*”, então foi publicada em 1790, um ano após seu retorno da viagem da Itália.

Os princípios de seu método tomaram como referência uma epistemologia baseada na fenomenologia da natureza (Steiner, 2004) e inspirada pelo sentimento rousseauiano (Larson, 1967). Goethe aplicou através de uma “*Scientia intuitiva*” ou presciência diversas teses sobre a natureza das formas orgânicas, dedicando especial atenção para o estudo de angiospermas, como grupo modelo. Dessa forma, desenvolveu uma abordagem “ajustada ao elemento de estudo”, ou seja, em vez de aplicar um método universal que poderia ser utilizado a qualquer organismo, seu método buscava, através de uma série de observações detalhadas do objeto, extrair um método próprio e aplicado ao objeto (Holdrege, 2005; Andriolo, 2011; Guidotti, 2012; Bach-JR, 2014).

Em seus estudos, avaliou também o desenvolvimento de populações vegetais, em diferentes habitats, e buscou uma síntese sobre o pluralismo inerente que um mesmo organismo vegetal passa ao longo de sua existência, comparando a indivíduos de uma mesma espécie ou quando comparado a qualquer outro vegetal (Holdrege, 2014). Desta forma, criou a ciência morfológica (Goethe acunhou o termo) ou “*Wissenschaft*” (Steigerwald, 2002), com um método compatível para comparação aplicado a todo o “Reino Vegetal” (Robin, 2011), além da construção de uma espécie de arquetipo, com

viés muito similar ao que se considera atualmente como “ancestral comum”, que será discutido mais adiante.

Sua arquitetura epistemológica não foi plenamente entendida, na época da publicação de sua obra (Robin, 2011), principalmente por não ser do tipo instrumentalista e sem metodologia padrão. Provavelmente, as tendências estéticas do Romantismo influenciaram sobre seu método (Steigerwald, 2002). A ideia de Goethe era identificar, comparar, entender e obedecer aos profenômenos da natureza (Kestler, 2006). Estudiosos, *a posteriori*, utilizaram esse modelo metodológico para direcionar seus trabalhos, se destacando Rousseau, St. Hilaire, Voigt, Friedrich, Reichenbach, dentre outros. Podendo entender que iniciava a marca de uma nova escola de pensamento nessa época: “*Naturphilosophie*”. Schelling (2001) apresenta essa tendência como uma espécie de naturalismo organicista para romper com o modelo mecanicista vigente.

Goethe tinha, como pano de fundo para seus estudos, a efervescente taxonomia sexual proposta por Linnæus (1753), que percebia, a partir das idiossincrasias do perianto, a busca por semelhanças. Goethe se aproveitou desse momento para introduzir uma visão menos catalográfica, principalmente, para evitar a concepção de um ser como uma forma estática, pois a visão lineana delimitaria uma espécie vegetal, apenas em seu pleno estágio de maturação fértil, definindo assim um conceito morfológico de espécie. Já a visão goethiana estabeleceria um conceito (des)contínuo, em que cada observação coletada, a nível de população, pode oferecer episódios distintos da manifestação (Bach-JR, 2014), questionando, assim, a taxonomia clássica, e provocando a comunidade científica francesa (Robin, 2009), o que atraiu adeptos ao seu “transmutacionismo”, como fora conhecido na época as propostas que fugiam do modelo lineano.

O homem Goethe, apesar de ser fruto do Enciclopedismo, se deparava com frustração nas quantificações, descrições e dissecações que moviam a era iluminista. Decidiu propor que a meta deixaria de ser sequenciar o maior número de caracteres, mas perceber “a expressão de suas leis” ou “os caminhos da metamorfose”. E o que trazia mais simpatizantes à sua escola de pensamento era o fato de considerar as semelhanças morfológicas entre os órgãos das plantas (Robin, 2011). Essa busca pelas semelhanças, unir ao invés de separar, criar leis orgânicas para compreender a vida, era um traço típico dos naturalistas do final do séc. XVIII (Kelley, 2007). Além disso, as ideias de Goethe não entravam em conflito com preceitos religiosos e, mesmo convivendo na perspectiva

iluminista, Goethe carregava suas ideias de juízo panteísta imanentista, conciliando um mundo que é divino pela total autonomia de suas leis naturais (Kestler, 2006).

As plantas para Goethe exibiriam então um espectro de fases, chamando assim de “fantasias sensoriais”. Este entendimento morfodinâmico de um vegetal ou “*Bildung-Umbildung*” (Ginefra-Toni, 2018) proporia uma nova dimensão no entendimento de uma espécie, ou seja, o decurso temporal, que marcaria essas manifestações diferenciadas e observáveis. A palavra alemã ‘*Bildung*’ [=construção] tanto se refere ao produto quanto ao processo para se chegar ao produto (Steigerwald, 2002). A partir daí, elaboraram-se argumentos sobre as intenções das manifestações e as condições contextuais a que as plantas se inserem, porém, não se atendo em analisar gêneros ou famílias botânicas específicas, mas na busca de padrões mais universais ou sintéticos (Bach-JR, 2014).

A Botânica taxonômica nessa época já havia produzido um vasto glossário próprio para dar conta da diversidade de caracteres nos vegetais, além de chaves de identificação longas e, às vezes, contraditórias para dar conta de um sistema artificial (Steigerwald, 2002), ver Linnæus (1753) e Jussieu (1789). Porém, essa taxonomia fragmentária se encerrava em si mesma, pois a distinção entre uma espécie e outra não estava baseada em uma quantificação do número de peças florais, pois “*nada pode ser adicionado ou subtraído do outro e vice-versa*”, ou seja, haveria uma “*lei da compensação*” para evitar limitações às possíveis formas do organismo (Goethe, 1790).

Portanto, Goethe buscava sentido nessa diversidade de formas a partir do vínculo que se estabelecia com sua “*Urpflanze*”. A partir daí, estudiosos da obra de Goethe estabeleceram expressões tautológicas para essa “*Urpflanze*”, a exemplificar: “forma potencial” (Brady, 1984), “quimera particular” (Kestler, 2006) ou “profética” – derivada de Proteus (Coen, 2001; Holdrege, 2014) –, planta “primitiva” (Thuillier, 1976) e “planta primordial” (Robin, 2011), esta última, mais consensual pela literatura, interpretada como um organismo que, a partir dele, tudo se derivou. Se desenvolveria um juízo fenomenológico, como um instrumento epistemológico, conectando o que seria percebido como fragmentado (Bach-JR, 2014).

Goethe não se debruçou em interpretar raízes ou caules subterrâneos, mas sim as partes aéreas das plantas estudadas por ele. Ápices, bases, margens foliares e suas expressões deixariam de ser partes para se tornarem todo, ou seja, tudo seria folha. Os órgãos aéreos seriam nada mais que totipotentes desdobramentos foliares (Brady, 1987; Rehfeld, 2012; Bach-JR, 2014). Mais tarde, com os avanços da microscopia, outros

naturalistas confirmaram que os conjuntos celulares que dão origem aos órgãos vegetativos ou reprodutivos em plantas são similares quanto ao aspecto e só na morfologia madura surgem as diferenças (Schleiden e Vogel, 1839; Duchartre, 1841; Schleiden, 1842; Barnéoud, 1846).

Goethe construiu a hipótese de que os órgãos aéreos das plantas seriam derivados morfologicamente das folhas (corola, cálice, brácteas, escamas, etc.) – teoria foliar. Não se tornaria satisfatório analisar formato de folhas em distintas espécies de plantas ou apenas ao longo de estágios de maturação de uma espécie. Ao final deste tipo de experimento, apenas se constataria uma série de informações isoladas. Seria necessário pensar esses dados coletados como uma relação.

Quando um órgão não era adequadamente similar à folha (androceu e gineceu, por exemplo), Goethe relacionava seu aspecto ao processo metamórfico e suas provas mais convincentes vinham das aberrações florais que ele observava em “*variantes*” de flores de jardim. Foi assim também que Goethe encontrou o osso intermaxilar, em vertebrados, a partir de indivíduos com fenda leporina (Coen, 2001), indicando uma possível relação ontogenética/filomorfológica entre o homem e símios. A visão mecanicista e pré-formacionista vigente foi substituída delicadamente, para uma percepção metamórfica na visão romântica de Goethe.

Goethe critica a sociedade científica da época em vários aspectos, pela recepção fria à sua obra. Atribui essa atmosfera pouca amistosa a quatro doutrinas que ele criticava:

- (1) o “*emboîtement*” ou a adesão fundamentalista à teoria do pré-formacionismo, da qual Diderot sugestionava e, que ao mesmo tempo, acreditava que “[...] *ursos, se se mantivessem de pé por determinado tempo, poderiam tornar-se humanos*” ou que era possível construir um fauno, bastando apenas um par de pés de cabra (Goethe, 2019). No caso da teoria goethiana, as plantas não são organismos pré-formados (ou seja, a estrutura madura não existe na forma em miniatura), mas são iniciadas a partir de um todo novo (epigênese). Então, como sua obra se tratava de uma teoria metamórfica, que se confundiria facilmente como um sinônimo de um transmutacionalismo tradicional, não teria causado grande impacto na comunidade acadêmica.
- (2) a “força-vital”, que, para ele, todas as partes de um ser estariam vivas por si mesmas, sem adições de outro poder (éter, flogisto, etc.) para se fazer mudar. O vitalismo

prevaleceu como uma explicação, em termos físico-químicos, para tentar explicar a vida nos seres animados. O oposto a essa “força” seria a morte.

- (3) o devir, pela qual o particular expressa uma mudança, não para cumprir algum tipo de meta, mas unicamente para buscar uma harmonia com seu próprio ser (rejeitando causas finais teleológicas). Para Goethe, sua planta primordial era, portanto, a causa indispensável e satisfatória de toda a flora, no sentido de que figurava como único princípio explicativo (Koener, 1993).
- (4) a tipificação, pois para ele, o “*Typus*” de uma planta deveria ser encarado como uma “fotografia” genérica, compreendendo uma das formas particulares do ser, carecendo de uma representação da multiplicidade fenomênica (Bach-JR, 2014). A ideia de constância só poderia ser concebida em “indivíduos-momento” (Robin, 2011) ou “*Typus* ambientais” (Van der Hannen, 1981), pois a tipologia é uma construção artificial, visto que nenhum organismo apresenta todos os caracteres exclusivamente. O “*Typus*” de ideologia platônica ou as visões escolásticas de forma substancial de Leibniz ou de protótipo de Robinet não seriam conceitos perfeitos e sim inacabados, embora se poderia tomar como uma referência a partir da “*Urpflanze*”. Essa discussão polêmica apenas refletia as ideias conflitantes que iria construir o imaginário dos acadêmicos pré-evolucionistas para definir a questão da descrição e da estabilidade no conceito de uma espécie (Kelley, 2007).

Riegner (2013) descreve que a sociedade científica da época recebeu as ideias de Goethe com confusão, ao criticar o conceito tipológico estático. Sua episteme foi subestimada como sendo apenas uma nova interpretação tipológica, só que dinâmica, ou seja, não romperia o paradigma tipológico. Porém, a concepção dinâmica de natureza que inspirou Goethe é aquela difundida pelo movimento schellingiano da “*Naturphilosophie*”. Nessa concepção, o organismo é resultante do seu autodesenvolvimento e não apenas como um elemento com função útil à natureza (Shelling, 2001). A natureza obedeceria a uma dualidade, tanto sendo o “sujeito”, a “*natura naturans*”, quanto sendo o “objeto”, a “*natura naturata*” (Vieira, 2007).

Goethe propõe a utilização dessa ideia dinâmica, como “*continuum*”, para abarcar a dimensão tempo em sua tese. Essa tentativa de expandir e penetrar conceitos, mais

profundamente, foi concebida para dissolver o paradigma pautado em conceitos aplicados apenas em um plano físico-materialista (puramente mecanicista), ou seja, essa revolução na ciência era, em si, a metamorfose também do próprio “cientista” (Amrine, 2013; Bach-JR, 2014), aproximando a ciência do campo epistemológico e filosófico mais elevados. Sem o componente temporal não se poderia entender a natureza das formas orgânicas e seus desdobramentos, e até o momento, estariam os naturalistas negligenciando esse componente. Seria então, a metamorfose, o modo de manifestação do mundo orgânico dentro da dimensão temporal.

Percebendo os limites da ciência à sua época, o poeta-naturalista precisou de sensibilidade para intuir sobre as variações destacadas como não sendo geradas pelo acaso ou pela “magia”. Sua tese continha uma ideia em potencial, principalmente para um leitor da época, com tendências pré-evolucionistas (como sinônimo de transmutacionista ou transformistas), porém, ainda longe em se identificar o mecanismo pelo qual a metamorfose se daria (Kelley, 2007). Goethe, em sua obra, se referia a uma “ordem” oculta atrás das plantas. Já na obra de um dos seus seguidores, especificamente Reichenbach, aparece a ideia de “série histórica” ou “gradação” trabalhando mais ainda a ideia do transmutacionismo, que atingiria seu auge nos postulados de Lamarck.

A ideia pré-concebida de “série de formas”, na obra de Goethe, poderia ter sido uma concepção embrionária nessa perspectiva pré-evolucionista (Robin, 2009), principalmente, porque o século XVIII é pautado como o século das revoluções, em que vários modelos marcados na política (revolução francesa), na economia (revolução industrial), nas artes (romantismo) e no naturalismo (organicismo) estavam sendo duramente criticados e substituídos por essas novas práticas (Hall, 1985). Não é por acaso que as explicações mecanicistas foram dando mais espaço (a contragosto de muitos) para elucidações organicistas no naturalismo europeu (Mateos, 2000).

O rompimento das ideias vigentes era um palco perfeito para efervescer novas mentalidades contra o modelo fixista de espécie. E dos registros que se tem conhecimento, à época, Goethe recebeu homenagem por escrito nas obras “*A Organografia Vegetal*” (1827) e “*A Fisiologia Vegetal*” (1831) de Auguste Pyrame de Candolle, como “o poeta que previa”. Seu trabalho também foi citado nos séculos seguintes a sua obra, que estudavam a herança de caracteres (Coen, 2001), seguindo seu reconhecimento até por pesquisadores atuais (Van der Hammen, 1981; Schilperoord,

2000; Dornelas e Dornelas, 2005), sendo considerado o “Kepler e Copérnico do mundo orgânico” (Ginefra-Toni, 2018).

Anos depois, vem Heackel, no final do século XIX, se referindo a obra de Goethe como precursora do movimento evolucionista (Borchmeyer, 1994; Holdrege, 2014; Levit et al., 2015), reconhecendo o valor de suas perspectivas ontogenéticas para as filogenéticas (Niklas e Kutschera, 2017). Muito provavelmente, essas perspectivas “evolucionistas” na época tomavam rumos distintos para explicar seus processos, além de que muitas ideias nem devem ter sido publicadas.

Goethe pode nem ter sido lido pelos evolucionistas mais tradicionais (Robin, 2011), mas há quem diga o oposto (Brady, 1987), pois Darwin (1859) cita Goethe junto a St. Hilaire como referências contra o modelo fixista, corroborando com a ideia de variação em espécies, mas não cita a “*Urpflanze*” como um modelo que pudesse corroborar a ideia de ancestralidade comum: “[...] *nossos estudos sobre a fixação ou variação da espécie nos conduzem diretamente às ideias emitidas por dois homens justamente célebres, St.-Hilaire e Goethe*”.

Tomemos um comparativo entre as ideias propostas por Darwin e Goethe. Apesar de serem teóricos tão preocupados com os detalhes firmados nas variações, Darwin acabou explicando a ideia de espécie através de uma seleção natural de origem histórica-causal a partir de um “progenitor desconhecido” ou “ancestral comum”. Enquanto, Goethe concebia uma espécie a partir de derivações de um modelo com capacidade potencial de metamorfose. A ideia de ancestral comum no sentido darwiniano não excluiu a ideia arquetípica goethiana. No geral, apenas Darwin olhava mais para fora do organismo, enquanto Goethe olhava mais para dentro.

Olhando para trás, talvez Darwin poderia achar as ideias dos transmutacionistas e dos criacionistas sem grande distinção. Pois, mesmo sabendo que eram diferentes, nem os transmutacionistas nem os criacionistas relevaram os mecanismos de suas presunções (Kelley, 2007) [mas nem o próprio Darwin também apresentou e sofreu críticas sobre isso]. Apesar disso, por mais que os transmutacionistas poderiam se preocupar com a origem da forma, Darwin se preocupava com a explicação da mudança da forma, logo, seu pensamento estava muito similar ao de Goethe, mesmo estando ele décadas antes de Darwin (Kelley, 2007).

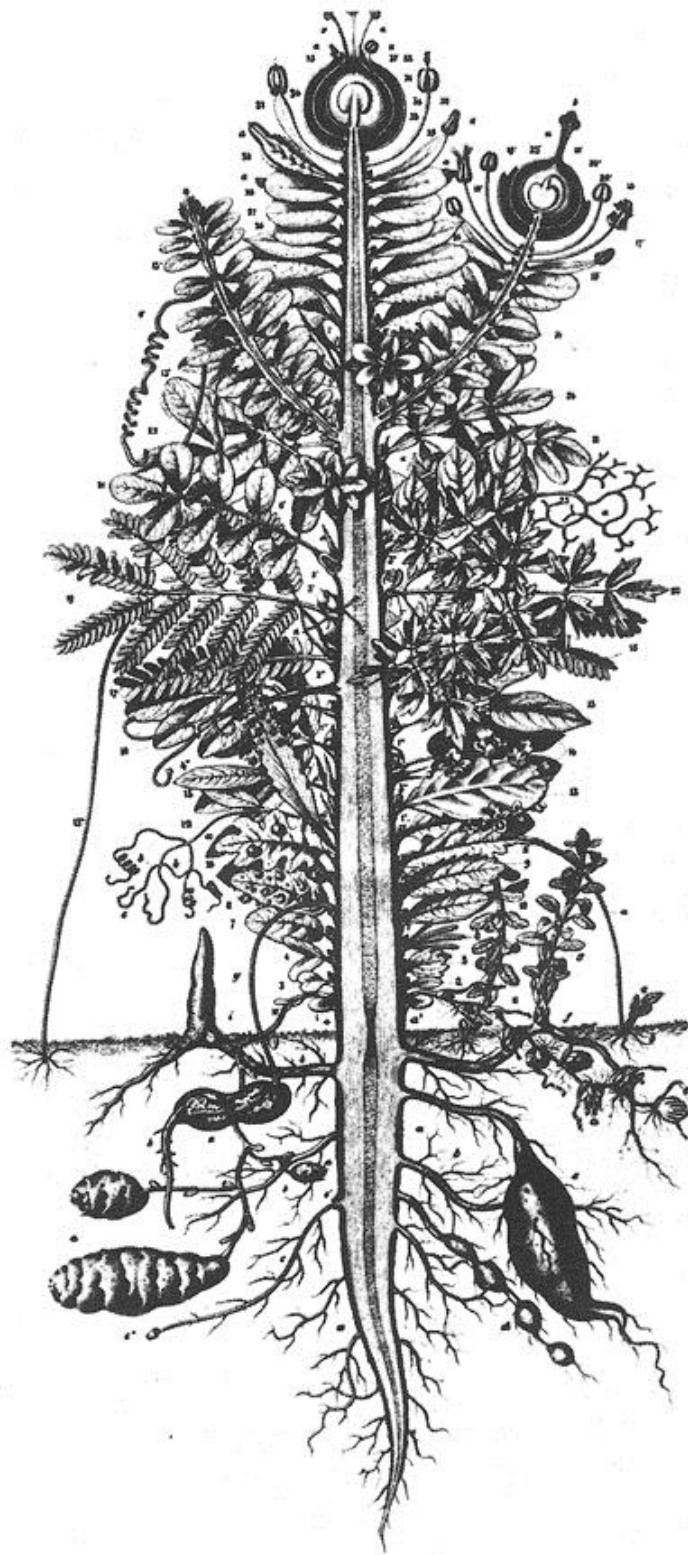
Talvez, por não ter a intenção de estabelecer um debate evolucionista, em que ainda não havia objetivo, “*A Morfologia das Plantas*” de Goethe chegou aos dias atuais

ofuscada pelas obras poéticas do próprio autor. Inclusive historiadores das ciências consideram suas investidas nas ciências naturais como “amadora”, “um desesperado”, “extravagâncias de um poeta”, “uma deformidade”, como “super-idealista” e, praticamente, “um folclore científico”, já que carecia de seriedade, pois Goethe detinha prestígio como poeta e não como naturalista (Meyer, 1949; Cassirer, 1950; Thuillier, 1976; Coen, 2001; Robin, 2009). Essa obra só fazia sucesso com suas alunas (Koener, 1993). Além de tudo isso, quem aderiu a tal “Revolução na História Natural” repelindo abordagens mecanicistas típicas da época, muitas vezes foi rechaçado ou deslumbrado em suas explicações (Cassirer, 1950).

A sociedade científica da época teceu várias especulações, em cima da obra de Goethe, que apontavam equívocos. Na realidade, Goethe desenvolveu um produto único e de difícil comparação. Nessa época havia uma efervescência de proposta de novos modelos para explicar a tão vasta variedade de formas biológicas. Maupertuis (1698-1759), por exemplo, com a ideia de mutação, Lamarck com suas explicações da lei do uso e desuso, Buffon (1707-1788) com a ideia da degeneração, Grant (1814-1892) com as partículas vivas elementares = mônadas e Saint Hillaire (1772-1844) com o conceito de homologia, entre outros (Mateos, 2000; Kury, 2003; Kutschera, 2003; David e Carton, 2007; Desmond, 2011).

Brady (1984), por exemplo, discute sobre um ponto de vista distinto da *Urpflanzer*, considerando que seu conceito poderia estar relacionado a uma ideia de “*Bauplan*” e não de um arquetípico. Brady (1987) sugere sua tese, principalmente, no fato que Goethe buscava a *Urpflazer* como se pudesse coletá-la em campo, pois Goethe não construiu um esquema (o que nem poderia) para especular sobre a forma de sua “*Urpflanzer*”. Dessa forma, a tal planta primordial acabou por se tornar uma abstração, o que poderia ter ofuscado o entendimento dos naturalistas da época.

Essa interpretação em cima da obra de Goethe poderia ter criado um falso paralelismo sobre a teoria pré-formacionista e a “*Urpflazer*”. Se a “*Urpflazer*” fosse coletada em campo, resolveria o problema de Goethe, tal qual, se um pesquisador observasse um homúnculo no espermatozoide humano. Apesar disso, várias propostas esboçaram uma iconografia, sem base teórica, da planta primordial de Goethe (Schimid, 1930; Van der Hammen, 1981), as representações mais conhecidas foram: o esquema transcendental de Turpin (Figura 1) e os esquemas materialistas de Kerner von Marilaun (Figura 2), de Unger (Figura 3) e o de Sachs (Fig. 4).



Illus. 13. P.J.F. Turpin: The Ideal Plant

Figura 1. Interpretação de Turpin sobre a “*Urpflanze*” de Goethe (Thuillier, 1976; Eyde, 1975; Albus, 1997; BHL, 2019). Nota-se que, nesse esquema, todos os tipos de raízes, caules, folhas, flores, frutos estariam presentes nessa planta arquetípica e que poderia até mesmo ser encontrada em campo.

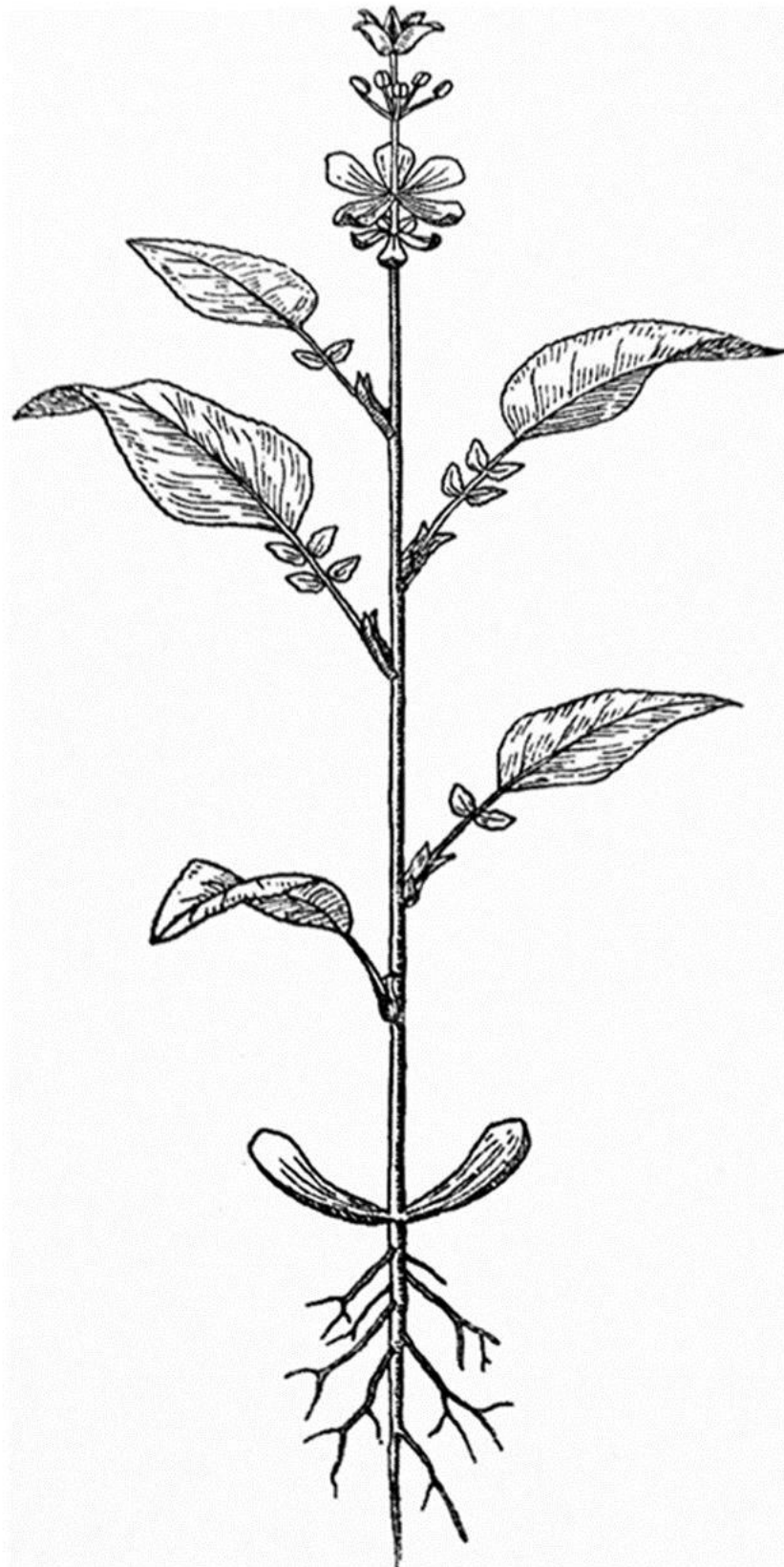


Figura 2. Interpretação de Kerner von Marilaun sobre a “*Urpflanze*” de Goethe (Kerner von Marilaun, 1883; BHL, 2019). Nota-se que, nesse esquema, uma possível referência ao surgimento de folíolos e destaque para os verticilos florais bem separados e elevados por uma espécie de androginóforo.



Figura 3. Interpretação de Unger à “Urpflanze” de Goethe (Niklas e Kutschera, 2017; BHL, 2019). Nota-se que, nesse esquema, é similar ao de Kerner von Marilaun.

1. Kapitel. Die Urpflanze

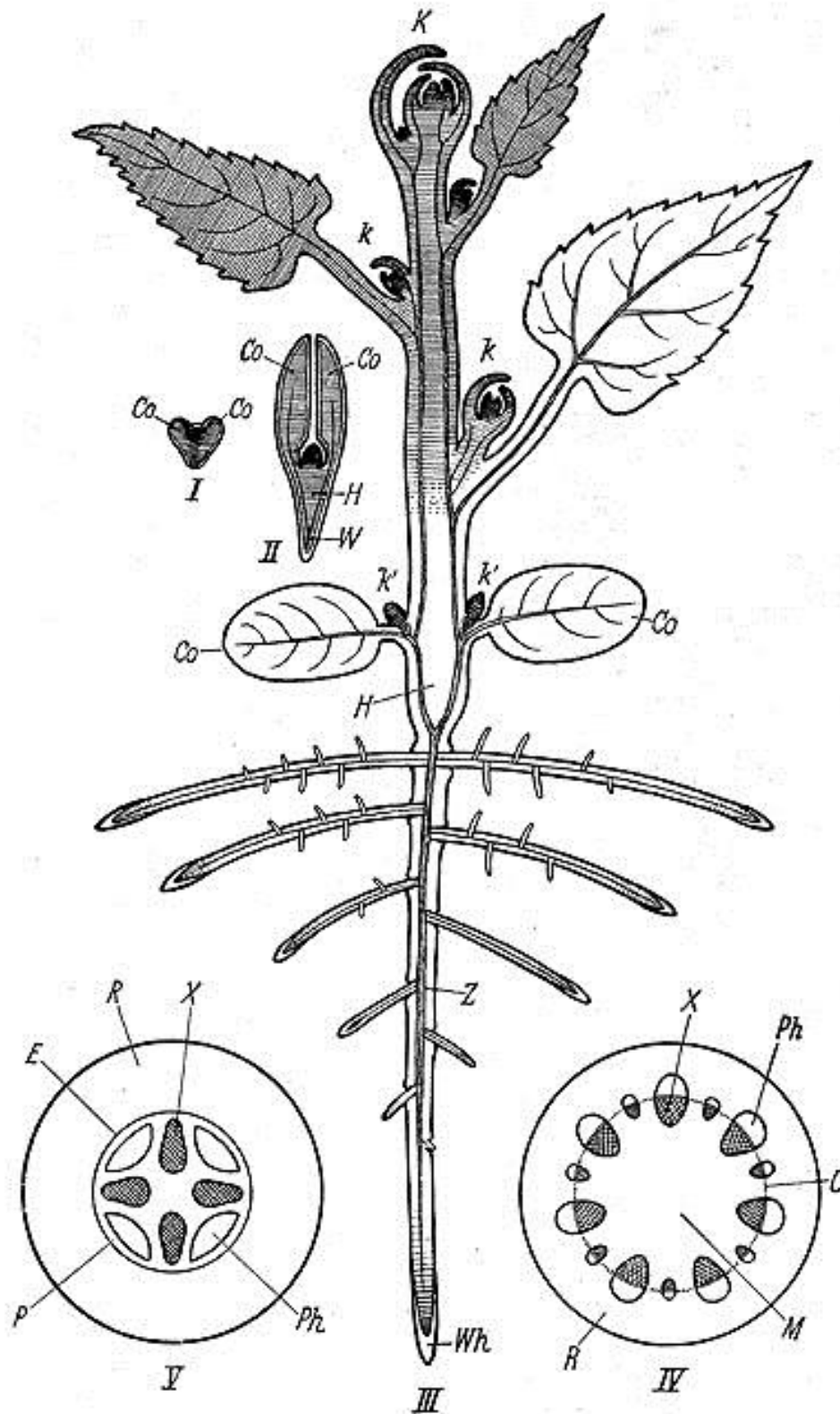


Figura 4. Interpretação de Sachs à “Urpflanze” de Goethe (Sachs, 1882; BHL, 2019). Nota-se que, nesse esquema, o sistema radicular é mais evidente que nos demais (Niklas e Kutschera, 2017).

1.2 PERCURSO METODOLÓGICO

Este trabalho analisou a obra de Goethe (1790): “*Der Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu Erklären*”, em comparativo com as versões traduzidas para o inglês (Goethe, 2009): “*The metamorphosis of plants*”, o francês (Goethe, 1829) e duas versões para o português (Goethe, 2008; 2019): “*A Metamorfose das plantas*”, em busca de evidências que levantassem concepções pré-evolucionistas, a partir da imagem da variação. Foi também analisada a obra “*Viagem à Itália*” (Goethe, 1999), na tentativa de se buscar outras ênfases sobre a construção do seu pensamento.

Essa obra “*Viagem à Itália*” (1817) nada mais é que um diário de campo e cartas que Goethe trocava com amigos na Alemanha, informando sobre suas experiências e achados. Foi publicada posteriormente a “*A Metamorfose das Plantas*”, mas fundamenta as observações de morfologia comparada que Goethe usou para fundamentar sua teoria sobre a *Urpflanze*.

Desta forma, para a análise do discurso, foram anotadas todas as falas que fariam alusão a experimentos, observações biológicas de espécies ou hipóteses levantadas, que estabeleceriam um vínculo direto com ideias pré-evolucionistas (transmutacionistas), para assim buscar entender que é, por meio da palavra do outro, que se define o contexto do discurso (Richardson, 1999; Marconi e Lakatos, 2013).

As plantas-modelo referidas na obra para exemplificar suas hipóteses foram pesquisadas no contexto da obra de Linnæus (1753) e no site BHL (2019) para tentar realizar uma fiel identificação. Seus nomes foram atualizados para evitar sinonímias, com base no site Plants of the World (2019), e foi confeccionada uma prancha de imagens a partir de fotografias de “*Paratypus*”, com figuras capturadas por meio de plataforma virtual (MNHN, 2019), para evidenciar as características citadas por Goethe em seu texto.

Uma análise lexicográfica também foi realizada a partir da montagem do *corpus* textual em formato UTF-8 da versão em português de Goethe (2019). Vale salientar que a escolha da obra em português não é invalidada diante da versão original. Apenas se escolheu essa versão pela comodidade para realizar esta análise, pois além do português ser a língua nativa do monografista, este estudo poderá subsidiar como referência comparativa em estudos futuros que usem a versão original da obra.

O *corpus* passou por padronizações típicas para reconhecimento do aplicativo IRaMuTeQ® (Loubère e Ratinaud, 2023), dentro do espaço R de análise. Esse processo

é caracterizado pela identificação e reformatação das unidades de texto, transformando textos em segmentos de texto, identificando a diversidade e frequência de lexemas (palavras ou formas ativas/suplementares) e hápax (palavras citadas uma única vez no texto). Além disso, esse tipo de abordagem pesquisa o vocabulário e reduz as palavras com base em seus radicais ou lematiza (formas reduzidas), ex.: palavras como “corpo” ou “corpão” no texto foram reduzidas apenas para “corpo”. Nesse mesmo tipo de análise, todos os substantivos e adjetivos são padronizados ao masculino singular e os verbos para o infinitivo (Camargo e Justo, 2013a).

A partir dessas etapas preparatórias, foram realizadas análises estatísticas com bases na obra de Camargo e Justo (2013b), com fins de realizar pesquisa exploratória de associações de palavras dentro do *corpus* e estabelecer inferências pelos gráficos gerados.

Foram avaliadas:

- a) a frequência das palavras utilizadas no texto, com base no diagrama de Zipf;
- b) a nuvem de palavras para verificar o ranque das 100 formas ativas mais comuns (com base na raiz quadrada da quantidade de palavras distintas no *corpus* textual), dentre adjetivos, substantivos, verbos e outras formas recorrentes no texto, excluindo as formas suplementares, sendo: $np = \sqrt{n}$, donde “n” é o número de palavras totais e “np” é o número de palavras que constarão na nuvem de palavras;
- c) as comunidades lexicais pela árvore de máxima similitude para verificar quais associações de palavras estão mais relacionadas dentro do texto, calculadas pelo teste qui-quadrado (χ^2). Nessa análise, se formam ramos, indicando as formas ativas de destaque, sendo formadas pelas palavras em tamanho grande e pequeno, que representa o peso na frequência e suas conexões mais significativas. Os ramos formados são vinculados a outros ramos, que apresentam espessuras distintas. Essas espessuras demonstram a força entre as associações de palavras dentro das comunidades lexicais e as relações envolvidas entre si. Os números presentes em todos os ramos da árvore indicam as co-ocorrências existentes entre as palavras registradas na análise. Esta representação gráfica indica, em outras palavras, as relações entre as palavras que têm alta similaridade no uso. As palavras que são semelhantes em termos de co-ocorrência e contexto estão mais próximas umas das outras no gráfico. Ou seja, palavras que estão mais distantes umas das outras tendem a ser usadas em contextos diferentes;
- d) a relação entre os lexemas dentro dos segmentos de texto avaliados por uma classificação simples por segmento de texto. Essa análise gera *sub-corpora*, que tem

como função observar através de agrupamentos conhecidos por dendrogramas, que organizam, com base no teste qui-quadrado (χ^2), da associação de segmentos de texto, formas ativas dentro de classes. A taxa considerada limite para o nível de significância de $p \leq 0.05$ deve ser sempre acima de 75% para $\chi^2 > 3$;

e) a disposição dos lexemas, representados pela proximidade de formas ativas correlacionadas através de uma análise fatorial de correspondência, que visa padronizar as classes em cores distintas, com base na classificação simples de segmentos de texto, e seu tamanho, indicando sua força de interação entre os agrupamentos. Vale destacar que quanto mais próximas essas variáveis da porção central do plano cartesiano, mais interação há entre elas. Além disso, essa análise fatorial considera “n-1” co-fatores.

A ideia nessa abordagem estatística é testar a hipótese que Goethe não desenvolveu seu método centrado em explicações morfológicas (descritivas, taxonômicas), mas principalmente associando informações fisiológicas, ecológicas e ontogenéticas. Logo, haverá uma tendência maior de fugir de explicações puramente taxonômicas, para uma lógica mais processual, com inferências de processos internos (fisiológico e desenvolvimentistas) e externos (ecológicos).

Para o capítulo final, que aborda a utilização dos conceitos de fronteira séc. XVIII e XIX do naturalismo europeu (fixismo-transformismo-evolucionismo), utilizou-se uma pesquisa de cunho bibliográfico, avaliando modelos utilizados por diversos autores para contextualizar a história e a filosofia das ciências nas aulas de ciências naturais, como, até mesmo, buscar em fontes de ensino de história para aplicar no ensino das ciências da natureza. Dessa forma, quatro modelos foram selecionados com base na disponibilização das obras no Google Acadêmico (2024).

Capítulo II

2.1 Análise lexicográfica do *corpus* textual

Com base no *corpus* textual, foram analisados 308 segmentos de texto, 10674 palavras distintas dentro do arquivo como um todo, sendo 1503 palavras diferentes e 748 de palavras que só aparecem uma única vez (Figura 5).

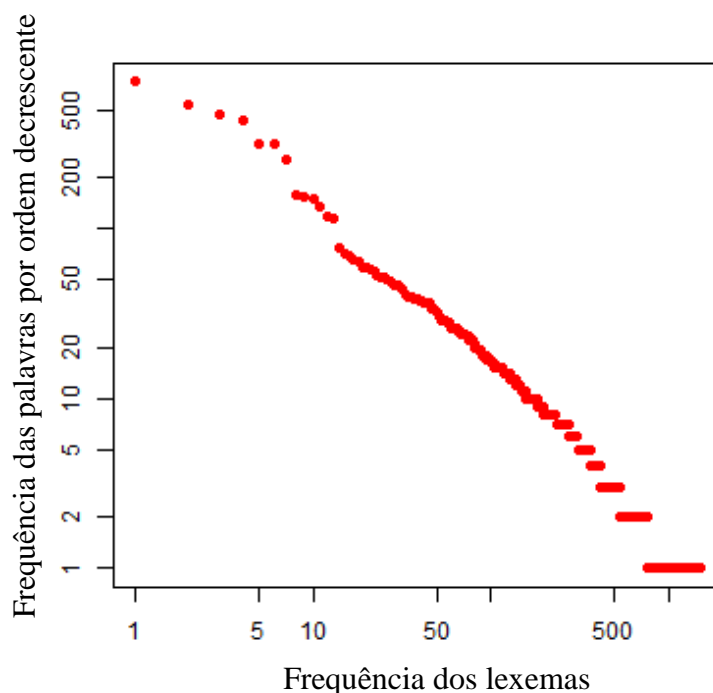


Figura 5: Diagrama de Zipf relacionando a ordem decrescente de lexemas (ou palavras) e sua frequência no *corpus* textual analisado (Goethe, 2009), ambas variáveis em escala logarítmicas.

Os resultados demonstraram que houve sete palavras muito citadas no texto, porém todas são formas suplementares (de, a, em, se, que, o, uma), o que já se esperava nesse tipo de análise, pois são recursos indispensáveis na construção de sentenças (Camargo e Justo, 2013). Porém, dentre todas as palavras nominais mais utilizadas, segundo a descrição total e ativa no texto, a palavra “folha” foi a mais citada, corroborando com o que alguns teóricos já sugeriam sobre essa obra de Goethe, ou seja, na sua teoria centrada no órgão foliar como a origem de tudo no corpo da planta (Brady, 1987; Rehfeld, 2012; Bach-JR, 2014).

O diagrama de Zipf denotou um vocabulário diversificado, indicando que há muitas palavras que apareceram poucas vezes no *corpus* textual, identificada pelas linhas maiores no canto inferior direito na imagem. Essa grande diversidade de vocábulos pouco frequentes, geralmente, é decorrente de expressões linguísticas próprias da ciência

botânica, que foram utilizadas para explicar os fenômenos observados (anastomosar, centrípeto, isolamento, etc.) ou uma estrutura morfológica específica (arilo, auréola capítulo, fovéola, etc.).

A nuvem de palavras ajustada para exibir as 100 primeiras formas ativas mais encontradas no texto, foi montagem por adjetivos, substantivos, verbos e outras formas bem recorrentes (Figura 6). No arranjo observado, as palavras pertencentes às formas supracitadas confirmam que a palavra “folha” é a mais utilizada na obra de Goethe e destacam outras palavras relacionadas com a metodologia fenomenológica e também com a morfologia vegetal, propriamente dita (planta, flor, cálice, pétala, estame, inflorescência, caule, semente, órgão, nó).

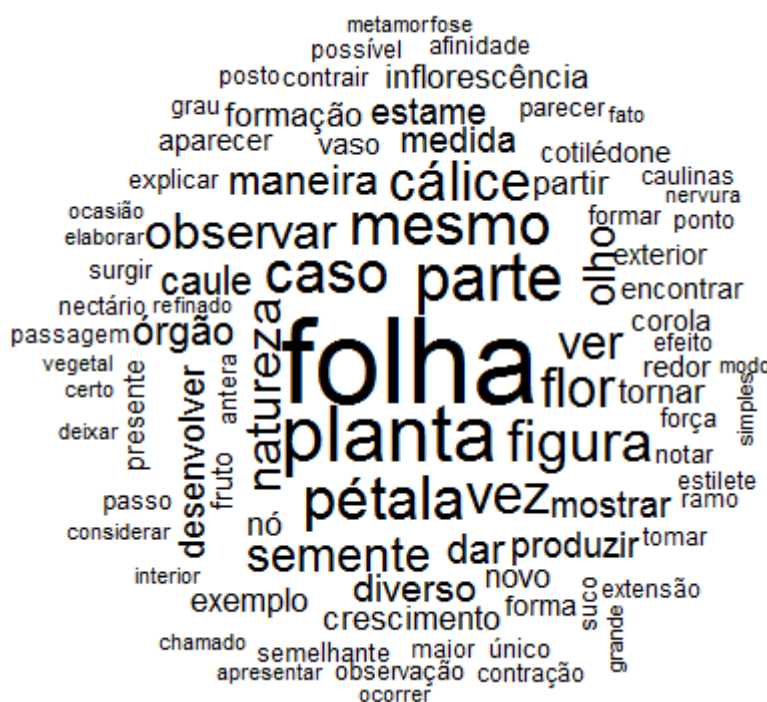


Figura 6: Os 100 lexemas mais frequentes, destacados pela nuvem de palavras, presentes no *corpus* textual analisado (Goethe, 2009).

Essas formas ativas utilizadas no texto e que sugerem o método fenomenológico de Goethe foram destacados, tomando como exemplo, os lexemas: observar (39x), ver (38x), desenvolver (26x), mostrar (25x), tornar (24x), crescimento (24x), formação (23x), novo (20x), forma (16x), aparecer (16x), semelhante (15x), quase (15x), parecer (15x), notar (15x), formar (15x), contrair (15x), surgir (14x), observação (14x), extensão (14x), contração (12x), apresentar (12x), metamorfose (10x), transmutação (09x), regular (09x), particular (09x), formado (09x), desenvolvido (09x), anastomose (09x), transmutar (08x), transformar (06x).

Esse resultado pode sugerir que Goethe, apesar de ser um poeta e ter sofrido crítica pela sociedade científica de sua época, atuou como um naturalista preocupado na busca de uma abordagem metodológica para a explicação de seu objeto de estudo, mesmo sem saber o que se esperava dele ou inferindo processos com base na observação (Amrine, 2013). Essa maneira alternativa ou ritmo espontâneo para a apresentação de seus dados científicos é uma marca de seu pensamento (Roa, 1949).

A análise da árvore de máxima similitude comunitária (Figura 7) evidenciou a formação de 6 subgrupos de lexemas, indicando formas ativas de destaque (letras grandes) e palavras de maior frequência associada (letras em tamanho menor), ou seja, esses agrupamentos representam palavras que tem alta similitude de uso. Essas palavras em maior tamanho são consideradas palavras-chaves para entender o conteúdo do corpus e também são pontos de ligação.

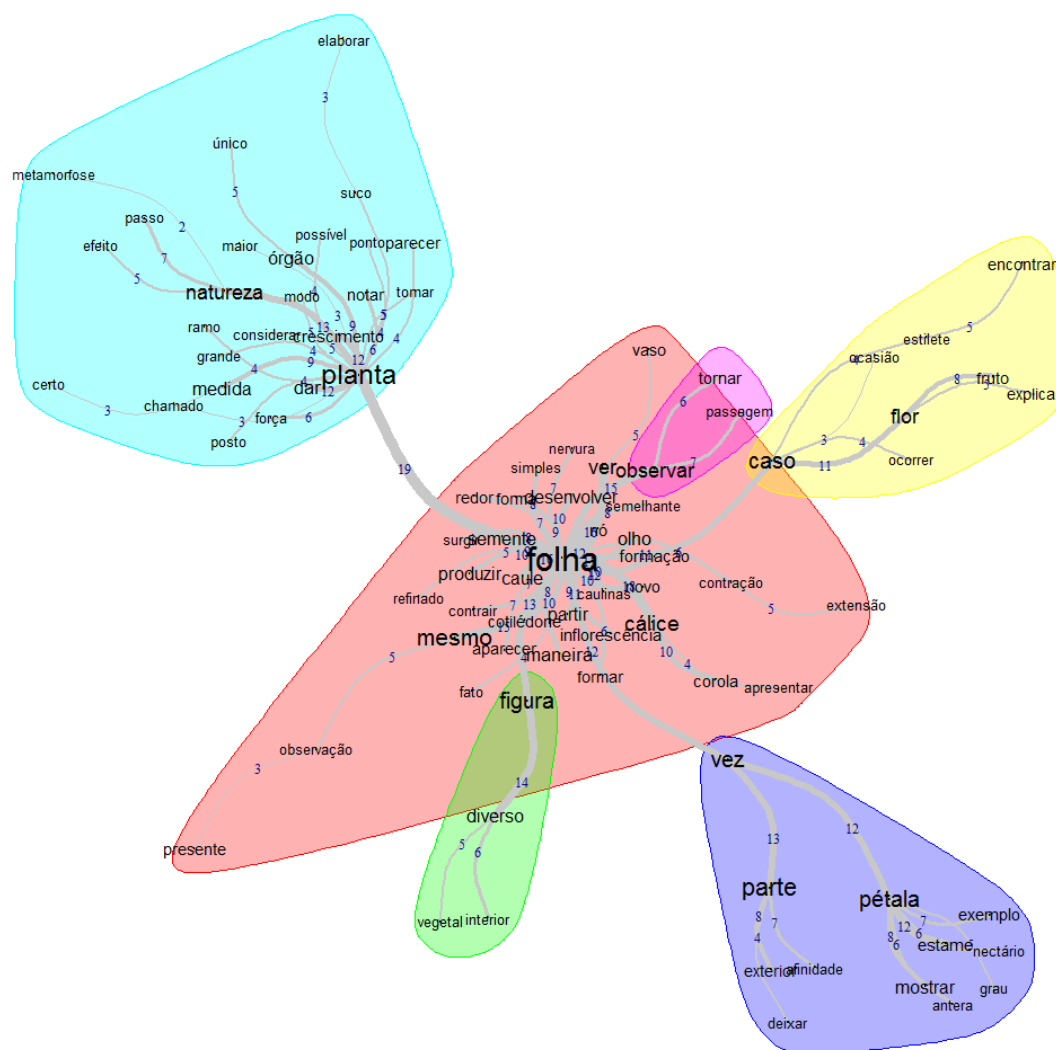


Figura 7: Análise de similitude comunitária, baseado no *corpus* textual analisado (Goethe, 2009).

Esta análise confirma, mais uma vez, que a palavra folha é a ideia central da teoria goethiana, dela partem todas as explicações para seu modelo, com vários elementos metodológicos ao seu redor, além das comunidades que descrevem elementos da observação (comunidade rosa), sobre a expressão das formas ou “figura” (comunidade verde), em que essa palavra no texto poderia ser entendida como a variabilidade dos fenótipos, sobre a relação de informações taxonômicas com seu método fenomenológico (comunidades lilás e amarela), em que explica, por exemplo, a relação ontogenética entre pétalas → estames → nectários-florais. Desse aglomerado maior, enramam explicações sobre seu conceito de “planta” (comunidade azul) e a influência que a natureza trabalha sobre os corpos vegetais, as forças envolvidas, a metamorfose, ou seja, finaliza as explicações sobre seu método propriamente dito.

Com relação aos agrupamentos de lexemas ou palavras, foi verificado a formação de 5 agrupamentos com 76,62% de taxa de retenção observada, ou seja, esse percentual indica que houve segurança estatística para a definição dos agrupamentos observados (Figura 8). Houve a formação de dois *sub-corpora*, um deles agrupando as classes 1, 2 e 3 e o outro agrupando as classes 4 e 5. Os lexemas pertencentes às classes indicam quais palavras estão mais relacionadas entre si, em relação a todo *corpus* textual, do ponto de vista estatístico. De 100% do *corpus* textual, 21,6% são palavras relacionadas com a classe 1, 19,1% com a classe 2, 14% com a classe 3, 24,6% com a classe 4 e 20,8% com a classe 5.

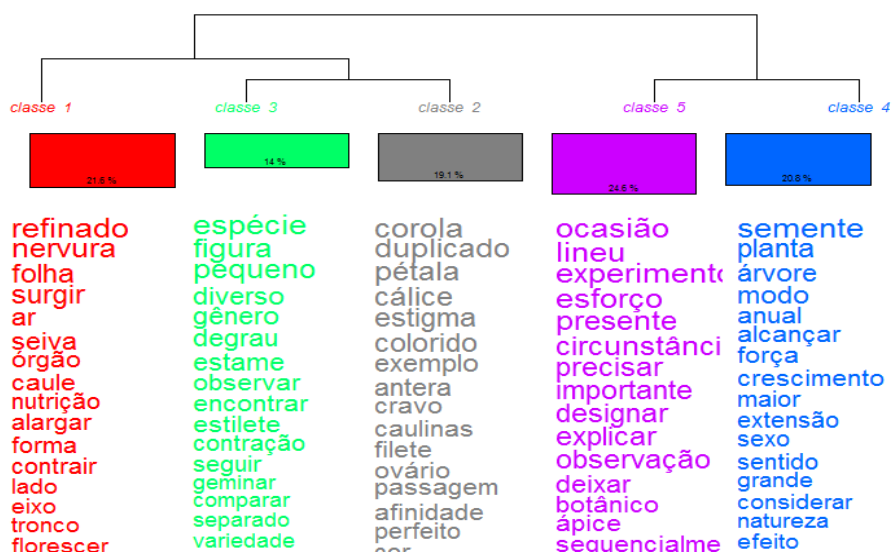


Figura 8: Dendrograma de classificação simples de segmentos de texto, baseado no *corpus* textual analisado (Goethe, 2009).

As palavras distribuídas respectivamente nas classes são as formas ativas presente no *corpus* textual. Observa-se que no *sub-corpora* maior, engloba em predominância os aspectos fisiológicos na classe 1 e os morfológicos-taxonômicos na classe 2 e na classe 3. Já no *sub-corpora* menor, temos uma predominância de termos referentes a uma abordagem desenvolvimentista e o efeito da natureza (ecologia) na classe 4 e a abordagem metodológica na classe 5.

Em relação à análise fatorial de correspondência, essa estatística classificou as formas ativas do texto gerando uma representação dos dados em planos fatoriais (Figura 9) para ilustrar, por um outro ponto de vista, as relações entre esses lexemas no *corpus* textual. As porcentagens dos fatores observados foram: fator 1 = 34.88%; fator 2 = 25.77%; fator 3 = 22.44%; e fator 4 = 16.89%.

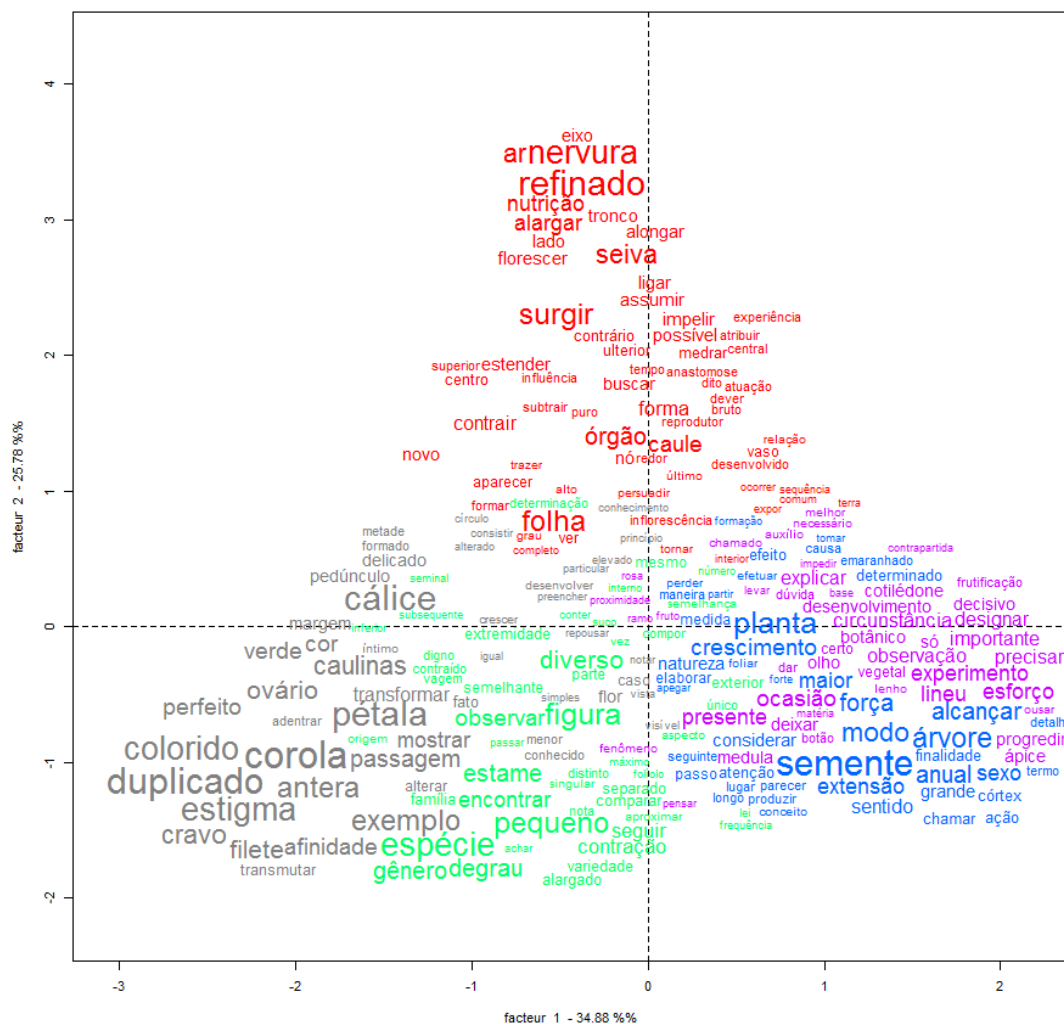


Figura 9: Representação em planos fatoriais de lexemas, baseada no *corpus* textual analisado (Goethe, 2009).

Pode-se observar que nesse escalonamento multidimensional, o texto de Goethe seguiu uma tendência em associar às suas explicações metodológicas uma abordagem mais desenvolvimentista e uma relação causal de cunho ecológico, como mostram as classes 4 e 5 bem conectadas entre si, em relação às outras classes. As explicações mais fisiológicas (classe 1), morfológicas (classe 2) e taxonômicas (classe 3) estiveram menos relacionadas, quando Goethe explicava seu método fenomenológico.

Por fim, nossos resultados confirmam, pelo menos parcialmente, nossa hipótese inicial. Apesar disso, pode-se observar que a classe 1 se sobressai perante as demais classes, principalmente por se apresentar mais separada (ou dissimilar) que as demais classes. Logo, pode-se presumir que Goethe teve uma contribuição muito particular em usar explicações fisiológicas em seu modelo.

2.2 Abordagem ecológica-ontogenética

Em sua obra, Goethe introduz o texto, informando que pretende construí-lo segundo as leis que regem a própria Natureza. Sua premissa organicista é logo desenvolvida, quando dá a entender que um órgão é derivado de alguma outra parte do corpo da planta, podendo se perceber um espectro nessa metamorfose. A partir daí, descreve seu método fenomenológico a partir das sucessivas transformações do surgimento de cada órgão de um vegetal: cotilédones, folhas, seguido dos nós caulinares, das estípulas, do pedúnculo, da bráctea, da flor, da inflorescência, do cálice, órgãos sexuais e derivações destes (nectários) e do fruto.

O interessante na proposição do conceito de “*Urpflanze*” é o fato de que Goethe pouco cita essa sua ideia ao longo de seu texto. Seu conceito arquetípico está centrado na sua introdução para que o leitor já leia sua obra a partir desse olhar. Sua obra toda é posta como evidências para entender como toda a potência da semente, passando por todo seu metamorfismo vegetal, retorna ao seu encarceramento ao fruto. A introdução da “A Metamorfose das Plantas” é como se fosse a apresentação, a discussão e a conclusão de seu manuscrito. O restante do livro é o seu método e seus resultados observados.

Fica evidente, em seu texto, que o naturalismo goethiano fugia do estilo de pensamento naturalista puramente descritivo e imutável, com explicações pautadas em formatos mecanicistas, como facilmente consultado na obra de Bauhin (1623), como em

Grew (1682) ou em Linnæus (1753) ou em um dos membros da família Jussieu (1789). Goethe faz entender que uma planta não cabe em uma descrição compactada e que se apresenta em constante mudança fenomenológica. Desta forma, desenvolveu seu texto como se estivesse acompanhando a metamorfose de cada órgão como o ponto de partida para o surgimento de seu respectivo órgão derivado, ou seja, cada transformação, por consequência, seguiria para uma nova metamorfose ou um “*continuum*”.

Logo no início de sua obra (Goethe, 2019, pág. 26), define que, apesar da particularização individual das entidades (espécies), trabalhará com a ideia de variabilidade de formas, como expõe:

Nenhum vivente é um singular, mas uma pluralidade. Mesmo quando nos parece como indivíduo, permanece, contudo, uma coleção de seres vivos independentes, os quais, segundo a ideia, segundo a circunstância, são iguais, mas no surgir podem ser iguais ou semelhantes, desiguais e dessemelhantes. Em parte, tais seres são já originalmente conectados, em partes se encontram e reúnem-se. Eles se cindem e se buscam de novo e, assim, efetuam uma produção infinita de todas as maneiras e por vários aspectos. [grifo nosso]

E, uma das suas primeiras observações desse fenômeno, foi um exemplo retratado em sua viagem à Itália (Goethe, 1999, pág. 23), quando percebeu evidências dos “desvios” do que se esperava de uma espécie, avaliando o tipo de *habitat*:

O que despertou mais minha atenção foi a influência que a altitude das montanhas parece ter sobre as plantas. Nelas, encontrei não apenas plantas novas, mas deparei também com um desenvolvimento diferente daquelas que conheço. Se, nas regiões mais baixas, os ramos e caules eram mais fortes e robustos, os brotos mais próximos e as folhas mais largas, subindo pelas montanhas encontrei ramos e caules mais delicados, brotos mais afastados uns dos outros, deixando um espaço maior entre os nós, e folhas de formato mais lanceolado. Notei isso num salgueiro e numa genciana, e convenci-me de que não se tratava de espécies diferentes. Junto ao lago de Walchen, observei também juncos mais longos e esguios do que os das terras baixas. [grifo nosso]

Esses desvios também eram evidenciados avaliando o tipo de qualidade do *habitat* (Goethe, 1999, pág. 173):

Junto ao mar encontrei também diversas plantas de caráter semelhante, o que me permitiu um melhor estudo de suas características individuais; são todas robustas e firmes ao mesmo tempo, suculentas e rijas, e é obvio que o velho sal do terreno arenoso e, mais ainda, o ar salgado conferem-lhes tais características; regurgitam de sucos qual plantas aquáticas e são rijas feito

as das montanhas; aquelas cujas extremidades das folhas tendem a formar espinhos, como nos cardos, são bastante pontudas e fortes. Encontrei um arbusto de folhas assim e pareceu-me tratar de nossa inocente unha-de-cavalo, aqui, porém dotada de armas afiadas, a folhas parecendo couro, o mesmo acontecendo com as cápsulas das sementes e dos caules, tudo robusto e carnudo. [...] (Goethe, 1999 p.106-107). [grifo nosso]

Desta forma, essa obra naturalista explica seus fenômenos preferencialmente por influências da polaridade determinística (endógena), centrada em propriedades morfológicas evidentemente distintas nas populações analisadas, quanto traça um paralelo com o contexto do habitat (distribuição geográfica dos indivíduos) ou a qualidade do habitat (ou influência de fatores químicos ou físicos), como principais pressões na morfofisiologia. Muitas dessas plantas alpinas observadas por Goethe foram coletadas nessa sua expedição à Itália e conduzidas às estufas na Alemanha para análise comparativa (Meyer, 1949).

Com essas percepções, amplia sua ideia de espécie, assumindo que a variabilidade é um fato concreto nas formas orgânicas, que, por sua vez, as espécies não seriam estáticas (como no modelo fixista). E que essa diversidade morfológica é conectada através de algo, ou o que se poderia inferir com o esboço da ideia central de seu modelo próprio, em que todas as possíveis formas de uma população de espécie podem ser derivadas de uma só continuamente.

Daí, seu primeiro dilema filosófico foi posto em diário de campo (Goethe, 1999, pág. 71), quando escreveu que:

Diante dessa multiplicidade que me é nova, torna-se cada vez mais viva a ideia de que talvez seja possível fazer remontar todos os tipos de plantas a uma única. Somente assim seria possível determinar verdadeiramente os gêneros e as espécies, o que no meu entender, até hoje se faz de maneira bastante arbitrária. Foi nesse ponto que emperrei em minha filosofia botânica, e ainda não vejo como desenredar-me. A questão me parece tão profunda quanto ampla. [grifo nosso]

Sua primeira menção à “*Urpflanze*” (Goethe, 1999, pág. 264) foi quando enviou uma carta de volta à Alemanha, pedindo que avisasse a Herder (filósofo e poeta alemão / 1744-1803) sobre sua hipótese, bem como seu medo da rejeição à sociedade científica da época:

Uma luz veio então iluminar meus assuntos botânicos. Favor dizer a Herder que estou próximo da solução do problema da planta primordial; receio apenas que ninguém venha a querer reconhecer nela o restante do mundo vegetal. [grifo nosso]

Um fato que motivou ainda mais Goethe na concepção de sua formulação arquetípica foi a afeição a Herder e às leituras das suas obras. Herder (1962) escreveu em seu principal manuscrito sobre a construção de uma “*Sufenleiter*” (série sequencial das organizações sociais). O conceito de “*Sufenleiter*” reside na ideia de reconhecer a diversidade cultural como singularidades e, como Goethe é contemporâneo de Herder a ponto de trocar ideias sobre seus estudos, muito provavelmente o conceito de “*Sufenleiter*” tenha inspirado Goethe em reconhecer na diversidade de espécies de plantas as singularidades de cada espécie/espécime.

Como Goethe também trabalhava com dados zoológicos e apreciava as teorias sobre fósseis marinhos coletados em áreas continentais, nisso, estabelecia paralelismos dessas áreas para tentar dar suporte à ideia da “*Urpflanze*”. Além disso, demonstrava seu senso anti-catastrofista (semelhante a Darwin) e favorável a uma ‘evolução contínua’ (Goethe, 1999, pág. 71):

Nesse ínterim, eu me dedicava completamente à osteologia; pois é no esqueleto que se nos conserva, de fato, o mais decisivo caractere de qualquer figura – seguramente e por tempos eternos [...]. Nosso cotidiano ocupava-se dos princípios originários do oceano primitivo e das criaturas orgânicas que desde então se desenvolveram. Discutia-se sempre o princípio originário e sua ininterrupta e contínua formação, e nossa posse científica foi refinada e enriquecida por recíproco compartilhamento e disputa. [grifo nosso]

Sabe-se que os conceitos (pré-)evolucionistas estavam começando a percorrer o imaginário de vários naturalistas do fim do século XVIII, mas as abordagens explicativas mais comuns até então eram as hipóteses transformistas que, além de absurdas, eram ainda obscuras (Mateos, 2000; Ramos, 2016). Naquele mesmo momento já circulavam conceitos melhorados para o transformismo, como o de mutação com Maupertuis em 1751 na Suíça, de ancestralidade com Erasmus Darwin em 1794, de mônadas de Robert Grant em 1825 na Inglaterra, de mudança por degeneração com Buffon em 1788, da lei de uso e desuso com Lamarck em 1809 e de homologia com St. Hilaire em 1818 na França (Mateos, 2000). Mesmo não se comprovando intercâmbio de conceitos, o sistema fixista já estava sendo atacado por hipóteses bem diferentes surgindo, mais ou menos simultaneamente, em diversos pontos na Europa. Porém, a juízo de desvincular a imagem de “*descendente de um ‘Pai’ comum*” para “*descendente de um ancestral comum*” ainda

era confusa e inacabada. Além disso, nenhuma teoria transformista apresentava os mecanismos pelo qual se dava a mudança internamente ao organismo.

Então, as propostas de Goethe seriam mais uma derivação do transformismo da época? Nossos resultados nos levam a acreditar que não, pois o transformismo, apesar de conceber que as espécies seriam resultado de transformações lentas, acumuladas e unidirecionais, ao longo de um tempo, sustentava que essas mudanças seriam irreversíveis e rumo a um estado intencional de progresso ou perfeição (Mateos, 2000). Já a ideia de Goethe apontaria um espectro de metamorfoses potenciais, que as plantas compartilhariam a partir da referência de uma suposta planta primordial e, assumindo, assim, uma teoria distinta do transformismo da época. Um esquema proposto para tentar explicar essas ideias expostas pode ser observado na figura 10.

Essas metamorfoses potenciais foram descritas de três possíveis formatos: do tipo regular, irregular ou acidental. Este último caso, a metamorfose acidental, resultaria a partir de influências externas, a partir da indução de um inseto, por exemplo, formando “galhas” ou pastejando, mas a preocupação fundamental de Goethe era com os casos de metamorfose regular e irregular.

A metamorfose regular ou “*progressiv*” se referia ao passo normal que se espera com a germinação de uma semente, com a exposição dos cotilédones surgindo, posteriormente, as folhas e dando seguimento aos nós caulinares, até o momento em que determinadas áreas da planta iriam se comprometer à diferenciação em cálice, corola, estames, nectários, pistilo e fruto, retomando seu ciclo à condição de semente. Já na metamorfose irregular ou “*regressiv*”, ocorreria nos casos em que o andamento da metamorfose regular parecia ser revertida por fatores intrínsecos, por exemplo, quando uma pétala surge onde se esperaria um estigma. Nos casos de metamorfose irregular, a planta não atenderia a determinadas formas esperadas, àquelas que o observador tinha como expectativa, reproduzindo estágios anteriores do desenvolvimento e revelando a real origem do órgão. Desta forma, Goethe expõe que as plantas estariam suscetíveis a retrocessos no seu desenvolvimento.

Apesar da obra de Goethe se deter principalmente sobre os detalhes da metamorfose regular, o poeta-naturalista observou algumas situações de exceção do que se esperaria em uma metamorfose regular, e que esse trabalho pretende trazer ao debate. Cabe destacar dois problemas deparados por Goethe: complexidade/simplicidade em algumas plantas e alguns problemas de cunho morfológico.

Com relação a agrupamentos com base em sua complexidade/simplicidade, Goethe afirma que à medida que a complexidade atinge a existência de um ser, sua metamorfose é completa, e essa planta se distancia do arquétipo, que vai muito além do simples fator morfológico, mas em nível sistêmico, indicando que o organismo se diferenciou tanto, que pertence a uma outra categoria mais “completa” ou complexa (emergentismo?) em relação a uma categoria mais “incompleta” ou simples.

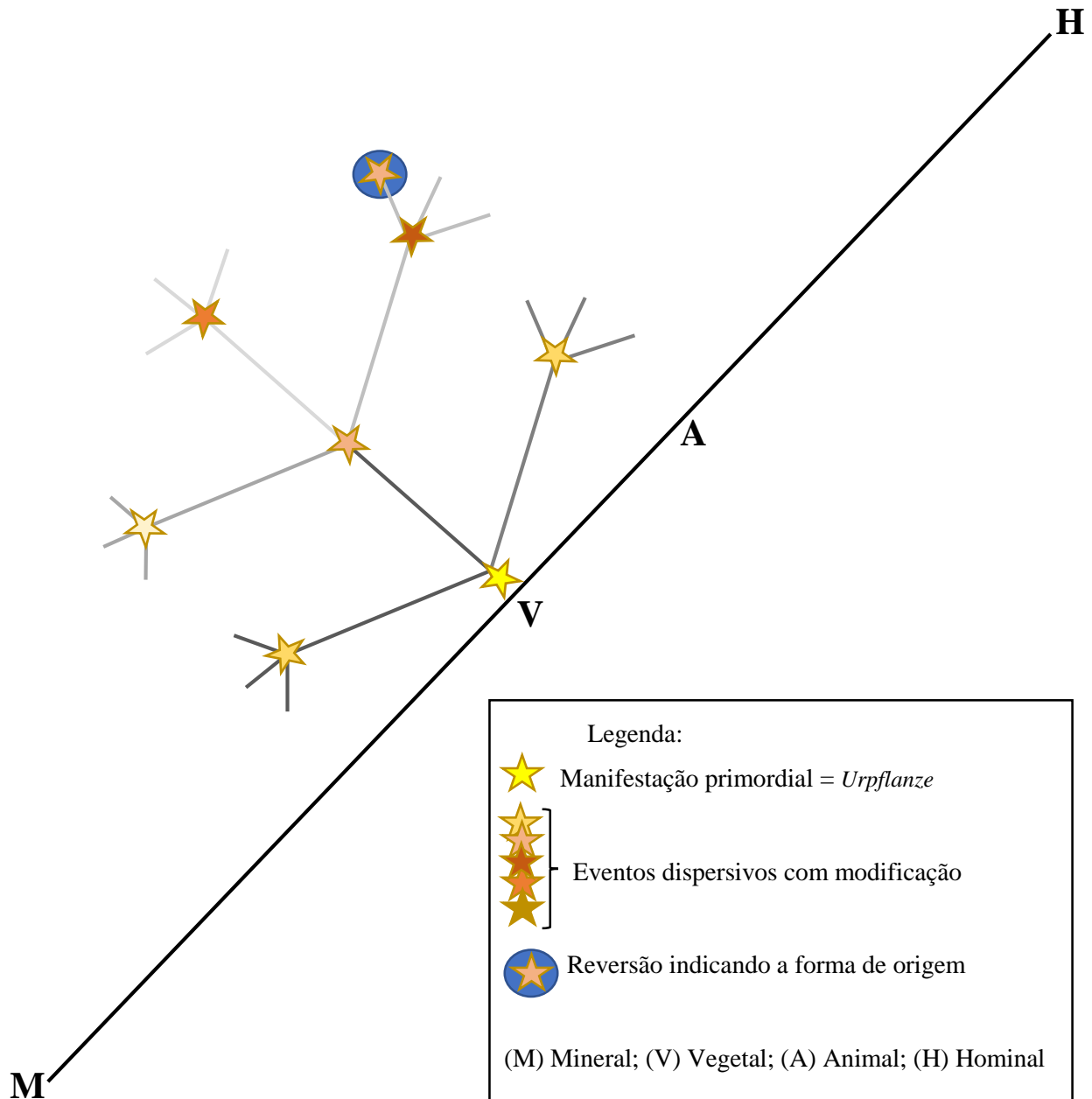


Figura 10. Modelo proposto por este trabalho, apresentando um esquema para interpretar a *Urpflanze* de Goethe. Quanto mais próxima da base, “menos completa” seria a ‘metamorfose’ da planta, logo menos

derivada da *Urpflanze*. À medida que essa planta se torna “mais completa”, mais derivada se torna em relação à *Urpflanze*.

Apesar da obra de Goethe se deter principalmente sobre os detalhes da metamorfose regular, o poeta-naturalista observou algumas situações de exceção do que se esperaria em uma metamorfose regular, e que esse trabalho pretende trazer ao debate. Cabe destacar dois problemas deparados por Goethe: complexidade/simplicidade em algumas plantas e alguns problemas de cunho morfológico.

Com relação a agrupamentos com base em sua complexidade/simplicidade, Goethe afirma que à medida que a complexidade atinge a existência de um ser, sua metamorfose é completa, e essa planta se distancia do arquétipo, que vai muito além do simples fator morfológico, mas em nível sistêmico, indicando que o organismo se diferenciou tanto, que pertence a uma outra categoria mais “completa” ou complexa (emergentismo?) em relação a uma categoria mais “incompleta” ou simples.

Quanto mais incompleta for a criatura, mais serão essas partes iguais ou semelhantes umas às outras, e se igualarão ao todo. Quanto mais completa for a criatura, mais dessemelhantes tornam-se entre si as partes. No primeiro caso, o todo é mais ou menos igual as partes, no segundo, o todo é dessemelhante em relação as partes. Quanto mais semelhantes são as partes entre si, menos estão subordinadas umas às outras. A subordinação das partes indica uma criatura mais completa. [grifo nosso]

Já sobre os problemas de cunho morfológico, pode-se citar o caso dos estames de indivíduos do gênero *Canna* (Cannaceae) e da natureza dos nectários florais. Enquanto na literatura, o gênero *Canna* é considerado apresentando estames petaloides, adnatos ou conatos à base da corola, Goethe considerava esses casos como regressões morfológicas ou indiferenciações, expondo vestígios de seu órgão de origem, ou seja, a corola. Ou seja, as plantas que não completam devidamente suas metamorfoses estaminais, promovendo estames petaloides, podem ser equivalentes aos casos de outras monocotiledôneas da ordem Zingiberales – *Hemerocallis* (Asparagaceae), *Moraeae* (Iridaceae) ou, ocasionalmente, em eudicotiledôneas na ordem Malvales - *Hibiscus* (Malvaceae); ou exibindo estames petalostêmones, em algumas eudicotiledôneas, como se evidencia nos gêneros *Myrsine* (Primulaceae), *Calolisianthus* (Gentianaceae), *Plumeria* (Apocynaceae), ou *Spathodea* (Bignoniaceae), por exemplo. Alguns exemplos para esses casos podem ser observados na figura 11.

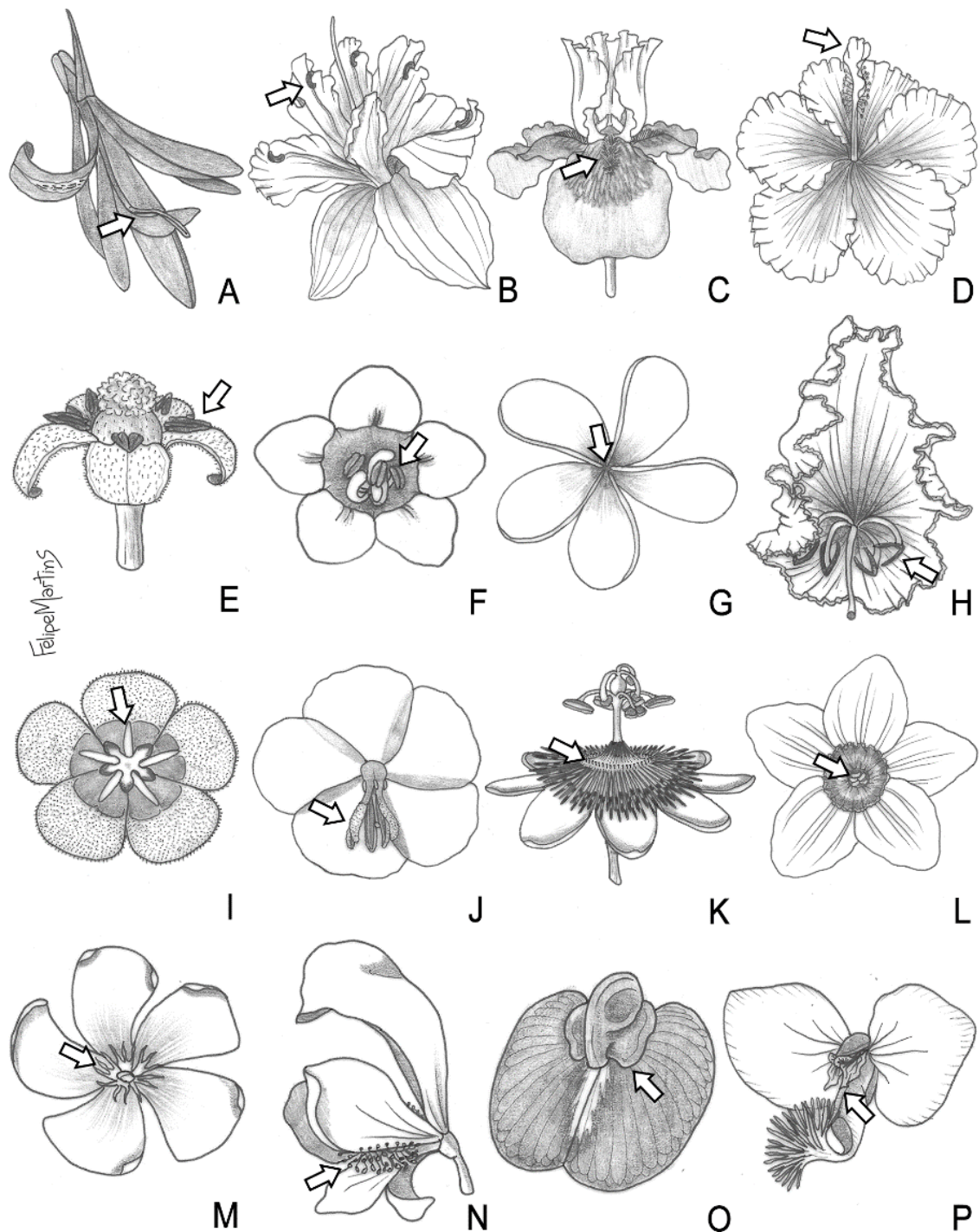


Figura 11. Esquema geral de algumas plantas exemplificadas na obra de Goethe para apresentar sua teoria, em destaque para a localização: de estames petaloides – *Canna* spp. (A), *Hemerocallis* spp. (B), *Moraea* spp. (C), e *Hibiscus* spp. (D); e de estames petalostêmones – *Myrsine* spp. (E), *Calolisianthus* spp. (F), *Plumeria* spp. (G) ou *Spathodea* spp. (H); e da posição de nectários florais – *Fevillea* spp. (I), *Pentapetes* spp. (J), *Passiflora* spp. (K), *Narcissus* spp. (L) e *Nerium* spp. (M); ou na regressão natural de estames voltando a serem pétalas – *Aconitum* spp. (N), *Centrosema* spp. (O) e *Polygala* spp. (P). Em algumas imagens, está indicada a área de inserção, pois como as estruturas são diminutas dificulta a visualização.

E Goethe vai mais além, quando afirma que essas estruturas, em alguns casos, revertem-se novamente a pétalas, como em *Aconitum* (Ranunculaceae); ou que seria a própria carena nas Papilionoideae (e.g.: *Centrosema*) ou os corpos agregados as carenas das *Polygala* (Polygalaceae). Alguns gêneros exemplificados para esses casos, são observados também na figura 11.

Em relação à natureza dos nectários, Goethe os descreve como órgãos intermediários, pois a “[...] natureza nem sempre pode percorrer esse caminho [entre a corola e o estame] com apenas um passo”. Descreve que, na base das pétalas de algumas plantas, existem foveólas ou glândulas secretoras de substâncias melíferas, sem necessariamente haver transformação completa. Ou essas porções podem estar projetadas verticalmente, como em *Fevillea* (Cucurbitaceae), ou similar à própria pétala *Pentapetes* (Malvaceae), ou se assemelhando a estames que perderam seus esporângios, como em *Passiflora* (Turneraceae). Já em outros casos, formam sulcos bem definidos e que se organizariam como autênticas paracorolas entre as pétalas e os estames, como em *Narcissus* (Amaryllidaceae) e em *Nerium* (Apocynaceae).

2.3 Abordagem morfofisiológica

As proposições de Goethe sobre uma ‘fisiologia’ das plantas podem ser encaradas como uma possibilidade de harmonizar o que há de mais "moderno" das visões organicistas diante das teorias mais tradicionais do mecanicismo. O que se percebe encaixa-se mais como uma tentativa de unificar o estruturalismo orgânico, numa perspectiva de economia da natureza lavoisiana, do que travar uma guerra direta ao mecanicismo. Nesse sentido, Goethe busca explicar os fenômenos morfológicos observados por si, a partir de uma abordagem fisiológica:

Estamos convencidos de que não é difícil, com algum treinamento, explicar por essa via as várias figuras das flores e dos frutos; apenas será exigido a tal fim que se saiba operar facilmente com aqueles conceitos estabelecidos acima, extensão e contração, aglutinamento e anastomose, tal como se fossem fórmulas algébricas, e que se saiba aplicá-los precisamente onde estão concernidos. (Goethe, 2019, p.58-59). [grifo nosso]

[...] O mesmo órgão que se expandiu como folha no caule e assumiu uma figura altamente variada, agora, no cálice, se contrai, na pétala, de novo, se estende, nos aparelhos reprodutivos, se contrai, para se estender-se pela última vez como fruto. (Goethe, 2019, p.64). [grifo nosso]

[...] *Pois podemos com igual justiça dizer que um estame é uma pétala contraída e que a pétala é um estame no estado de extensão; que uma bráctea é uma folha caulina contraída que se dirige a certo grau de refinamento, e que a folha caulina seja uma bráctea estendida pela imposição de seivas mais brutas.* (Goethe, 2019, p.64). [grifo nosso]

A expansão e a contração excitada por “forças” que agem de forma polarizada deram corpo à metáfora predileta para guiar o pensamento fisiológico em Goethe. Na fisiologia médica, a força polar era uma característica importante: sensibilidade/irritabilidade, estímulo/ação, contração/extensão, etc. E, ao longo das suas explicações, a polaridade funciona como embasamento sobre a qual se constrói a “expressão da natureza”. Porém, ele não se resumiu apenas à dicotomia polar, aos moldes linneanos, mas preencheu os extremos com um *continuum* de elementos (*Bildung*).

Sua tentativa em explicar essas variações dentro da polaridade seriam as sucessivas transformações das seivas, em seu percurso, nos vasos vegetais (uma espécie de condição determinística) e a influência dos fatores ambientais (a força exercida pelas diferentes pressões do meio). A planta sofreria uma tensão entre as forças internas e as externas, entre o que se espera ou é arquetípico (a Lei) e o que se resultou ou é variante (o indivíduo); entre a tese (o determinado) e a antítese (o inesperado). Reill (1986) até sugeriu que Goethe havia trocado a imagem de pré-formacionismo da época pela de pré-determinismo, sugerindo uma aproximação do espírito positivista do século seguinte.

O espírito romântico de Goethe estava bem conectado com a mentalidade de seu tempo. O discurso antitético foi uma marca do Romantismo europeu e essa polaridade foi uma marca na literatura e está gravada nas obras que retratavam o embate entre bem e mal no “Fausto” (Goethe, 2004), a miscigenação do índio com o branco em “Iracema” (Alencar, 1959), a teoria do duplo em “O Médico e o Monstro” (Stevenson, 2017), o grotesco que convive (ou se converte) no sublime, como o que é feio e belo ao mesmo tempo, como no “O Corcunda de Notre Dame” (Hugo, 2018) ou nas variedades de nuances e contrastes musicais das sinfonias de Beethoven (Tovey, 2020).

Esse dualismo que estava presente nas teorias e nas artes estava presente na sociedade como um todo, com o processo da ascensão da burguesia contra a nobreza, com o crescimento do liberalismo, mas a permanência da escravização de mão de obra, com a perda de espaço da Igreja Católica e o alastrado da Igreja Protestante em países rivais (Haser, 1998); no embate entre a Física (mecanicista) e a Química (vitalista) ou entre o fixismo e o transmutacionalismo das formas biológicas (Mateos, 2000). O mundo estava dividido. Esse padrão dualista do romantismo, que permeia a abordagem

fisiológica na obra de Goethe, era também explicado como a ideia de “opostos que se estendem” ainda mais nesse *continuum* espacial e temporal.

Logo, para Goethe, as seivas que percorriam o corpo dos vegetais, desde a raiz até a semente, se transmutavam de grosseira para sublime, de impura para purificada, contraindo e estendendo órgãos. Isso ficou evidenciado, por exemplo, quando discorre sobre a arquitetura foliar de uma planta aquática submersa fixa (e.g. *Ranunculus aquaticus* Neck.), onde a diferença de pressão ambiental (submersão vs. exposição ao ar) também dirigiu uma variação morfológica marcante:

[...] *ensina-nos manifestamente o crescimento do ranunculus aquaticus [sic!], cujas folhas surgidas sob água consistem em nervuras filiformes, mas aquelas desenvolvidas sobre a superfície da água são completamente anastomosadas, assumindo a forma de uma superfície conexa. De fato, nas folhas meio anastomosadas, meio filiformes dessa planta, se pode observar a contento a passagem.* (Goethe, 2019 p. 40). [grifo nosso]

Os tipos de seivas que percorrem o corpo das plantas é uma categoria muito importante e que norteia o padrão básico de pensamento de Goethe. À medida que a seiva percorre os diversos nós em uma planta, essa seiva vai sendo “purificada”, no sentido estrito da palavra as qualidades opostas que vão se estendendo. Isso explicaria porque as raízes são tão grosseiras, desprovidas de beleza, e as flores são tão sublimes e o pólen algo tão delicado. Nesse contexto, para ele:

[...] um nó superior, na medida em que surge a partir do antecedente e por meio deste recebe as seivas, haveria de obtê-las mais refinadas e filtradas, haveria de aproveitar também da influência das folhas, que se dá nesse ínterim, formar-se a si mesmo de maneira mais refinada e transmitir para suas folhas e olhos seivas mais refinadas. (Goethe, 2019, p.41). [grifo nosso]

[...] o cálice teria surgido mediante os sucos cada vez mais refinados produzidos na planta, e por isso, agora, ele é também determinado a ser órgão de uma refinação ulterior por vir. [...] os vasos [...] se contraíram e se imbricaram uns nos outros no mais alto grau têm de se tornar como sumamente delicados e destinados à filtração mais sutil. (Goethe, 2019, p.44). [grifo nosso]

[...] os glóbulos do pólen são, contudo, apenas células que armazenam o suco mais sutil. [...] (Goethe, 2019, p.49).

[...] as folhas das plantas que crescem sob a água mostram-se-nos, igualmente mais rudemente organizadas como do que outras expostas ao ar puro; de fato, a mesma espécie vegetal chega até mesmo a desenvolver folhas mais lisas e menos refinadas quando cresce em lugares profundos e úmidos, ao passo que, recolocada em recantos mais elevados, produz folhas ásperas, providas com pelos, elaboradas mais em detalhes. (Goethe, 2019, p.39-40). [grifo nosso]

Nesse último trecho apresentado, além de suas explicações para as plantas aquáticas submersas, comenta sobre aquelas “expostas ao ar puro”, que seriam as tolerantes a ambientes encharcados/seco ou plantas anfíbias. Goethe constatou, experimentalmente, que esse tipo de planta, mesmo pertencendo a uma mesma espécie, que ocorre em locais úmidos, exibe uma variação para um limbo mais delicado e glabro; já quando encontrada em um ambiente mais seco, tende a se modificar para um limbo mais rico em detalhes, com o surgimento de tricomas. A polaridade endógena, o tipo de seiva produzida e consumida pelos órgãos, em uma interação não tão bem explícita com a polaridade exógena, as condições do meio, acabam refletindo na morfologia do indivíduo. Seria como se a condição de planta paludosa ou aquática, em contato com água em abundância, não haveria tempo de possibilitar uma “purificação” ou “destilação” da seiva, ou seja, impossibilitaria uma metamorfose mais completa. No caso, a planta seria mais completa/complexa se apresentasse o traço presença de tricomas e se distanciasse mais da sua condição mais próxima da *Urpflanze*. Como Goethe não apresenta um referencial de quais seriam as características da *Urpflanze*, a condição complexa (ou modificada, derivada) ou primitiva (simples) é sempre a partir do seu referencial de análise de seus exemplos.

Com base nisso, nessa condição de primitivo/derivado, Goethe evidencia que essas propriedades recursivas dos caminhos na evolução morfológica definiria, por exemplo, a separação entre monocotiledôneas de dicotiledôneas, não no sentido de uma hierarquia evolutiva, mas em um princípio baseado em seres complexos ou simples, completos ou incompletos, ou seja, morfofisiológico, pois a narrativa de Goethe buscava causas anti-teleológicas (Koener, 1993). As monocotiledôneas apresentariam entrenós bem marcados e as dicotiledôneas seriam tubulosas e com presença de uma medula formatada para drenar a seiva bruta com eficiência, o que poderia conferir maior porte. E que à medida que a seiva percorria o vegetal, nutrindo-o, esta seiva, naturalmente, se refina, se transforma, se metamorfoseia. Nota-se, sutilmente, uma influência da química de Lavoisier adaptada à fisiologia orgânica em Goethe.

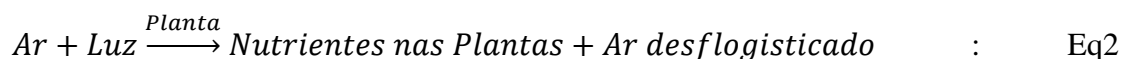
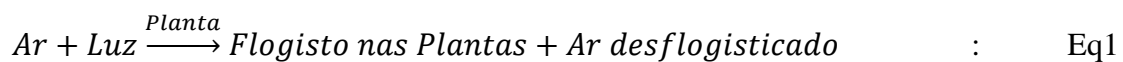
Outros excertos em sua obra também reforçam a ideia da polaridade água/ar como elemento importante à sua proposta de pensamento morfofisiológico. Porém, nesse excerto, Goethe introduz uma possível menção moderna sobre a relação água/ar na planta, o que se sugere ser uma centelha da explicação do processo autotrófico.

Aprende-se por experiência que as folhas sorvem diversos tipos de ares e os reúnem à umidade contida em seu interior; também não resta nenhuma dúvida de que elas trazem essas seivas mais refinadas de volta ao caule, fomentando sobremaneira a formação dos olhos que repousam em sua proximidade. Pesquisaram-se os tipos de ares desenvolvidos das folhas de várias plantas, até mesmo dos tubos dos caniços, e assim foi possível persuadir-se completamente. (Goethe, 2019 p.40). [grifo nosso]

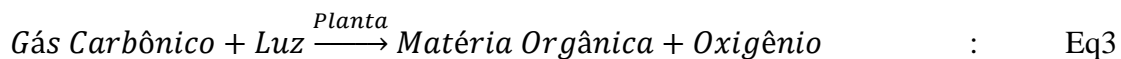
Curiosamente, ao introduzir um conceito que poderia estar relacionado à autotrofia das plantas, Goethe sugere que o ar, que também poderia purificar as seivas da planta, está armazenado no corpo aerenquimático dos caniços (capins ocos). Então, essa planta por ter esse aerênquima apresentaria uma seiva mais purificada que outras plantas? Seria uma planta mais complexa? Goethe não deixa claro e também não explica. Adiante, ele também sugere que o ar contido nos frutos de colútea (uma vagem oca) tem relação direta com a pureza que ele relaciona os frutos.

[...] a semente agora mais determinada, parece direcionar principalmente ao pericarpo os sucos que absorve da planta inteira para seu crescimento, daí que seus vasos sejam nutridos, alargados e frequentemente preenchidos e distendidos no mais alto grau. Que ares mais purificados participem em larga medida nesse processo, isto já se pode concluir do que foi dito anteriormente, e por experiência se comprova que as vagens inchadas da colútea contêm ar puro. (Goethe, 2019 p.53-54). [grifo nosso]

Essa sugestão das folhas estarem relacionadas à qualidade da seiva nas plantas não foi uma proposta de Goethe, pois, muito provavelmente, ele tenha tido contato com as possíveis explicações sobre como os ares e os vegetais poderiam estar relacionados. As propostas mais comuns na época (Mateos, 2000), era a proposta mais tradicional ilustrada na equação 1 (Eq1) por Ingenhousz (1730-1799) ou aquela mais “moderna” proposta na equação 2 (Eq2) por Senebier (1742-1809):



Alguns anos após a publicação de “A *Metamorfose das Plantas*”, Ingenhousz, utilizando nomes contemporâneos para apresentar os reagentes e produtos da equação, escreveu da seguinte maneira a equação (Eq3) (Mateos, 2000):



Em relação a influência da luz solar sobre as plantas, em sua casa, Goethe cultivava plantas em recipientes herméticos de vidro de distintas cores e observava, mas só um século depois esses seus experimentos começariam a fazer sentido, quando se descobriu a clorofila (Meyer, 1949). Pela curiosidade, sobre os efeitos da luz sobre os vegetais, começou a escrever seu tratado de óptica fisiológica, sobre luz e cores como proposta alternativa às explicações newtonianas (Goethe, 1993b), sem apontar esses efeitos em seu texto botânico.

Porém, a título de registro, ele se inquietou ao se deparar com uma situação na Itália, que, por infortúnio, ele não discorreu em sua obra:

Um relvado extenso e plano, circundado por carvalhos sempre verdes e altos pinheiros, apresentou-se-nos recoberto de margaridas, todas com as cabecinhas voltadas para o sol, o que desencadeou em mim especulações botânicas [...]. (Goethe, 1999 p.173).

Capítulo III

3.1 Uma ponte da fronteira dos séculos XVIII e XIX do naturalismo europeu ao ensino da História e Filosofia das Ciências Naturais nos dias de hoje

A abordagem da História e Filosofia da Ciência (HFC) propõe que o aprendizado das ciências venha acompanhado com o aprendizado sobre as ciências, ou seja, sobre a natureza histórica e epistemológica da ciência. Nessa abordagem, o ensino das Ciências da Natureza, por exemplo, passaria a unificar o integralismo científico (fatos, teorias e conceitos próprios) à exterioridade cultural (mentalidade, valores, sociedade), conforme Maldonado (2022). Nessa perspectiva, além de minimizar os possíveis reducionismos que tendem estar presentes na construção de um saber científico (Bicudo e Teixeira, 2022), possibilita que estudantes em formação na área das ciências naturais aprendam conteúdos científicos, e reflitam sobre as próprias ciências produzidas e suas consequências para a sociedade ao longo do tempo (Hansen, 2002).

Para tanto, é preciso identificar elementos desses reducionismos, que contribuem para a deficiência em se pensar e entender Ciência de forma global (Medeiros e Borges, 2007; Hidalgo e Lorencini-Júnior, 2016), tais como: a) a descontextualização ontológica (qual o significado e o valor de um conhecimento); b) o marco epistemológico (como determinado conceito foi construído e se destacou diante de outros); e c) o referencial humano (citação das fontes e nomeação daqueles que contribuíram numa construção teórica).

A partir desse entendimento, é possível que o ensino e a aprendizagem da Ciência partam de uma prática tradicional (memorização e repetição) para uma alfabetização científica (aplicada, crítica e humanizada). Logo, o ensino das ciências naturais sairia de um arcabouço teórico distante, reforçado por cientistas quase míticos e estereotipados, para um cenário de democratização do saber e de rede de interação entre cientistas reais e que estão em um mesmo nível de importância e igualdade (Delizoicov, 2007).

Essa prática de inserção de HFC é uma recomendação internacional, a partir do debate de diversas sociedades científicas pelo mundo, como, por exemplo, a Associação Britânica para o Avanço da Ciência (1988) e a Associação Americana para o Avanço da Ciência (1990, 1993), que reverberou em práticas governamentais de reforma curricular, como presente nos textos do National Curriculum Council (NCC, 1988), do National Research Council (1996) e dos Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC, 2000) e da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) no Brasil. Apesar de parecer

uma decisão internacional aparentemente recente, desde o final da segunda grande guerra mundial, tem sido debatida a necessidade de que o labor científico caminhe ao lado das questões históricas e filosóficas (principalmente das questões éticas), para formar cientistas conscientes de valores, como forma de evitar abusos do conhecimento científico, e de sua própria prática (Hansen, 2002).

Um outro destaque importante é que ensinar HFC não é consolidar uma disciplina de HFC dentro das aulas de ciências naturais, mas formar um educador com aptidão a trabalhar os recortes históricos e o enredo filosófico presente nos temas trabalhados em sala de aula. É o mesmo em se pensar se seria coerente um professor de artes desconhecer a mentalidade que permeava os períodos artísticos de cada época; logo, porque é “natural” um professor de ciências que conhece bem suas próprias teorias, leis, modelos, fatos, causas, explicações, hipóteses, objetivos, métodos, técnicas, mas nenhum conhecimento sobre cultura, história e filosofia por trás de sua disciplina para, principalmente, questionar suas verdades?

O professor de ciências naturais precisa ser capaz de integrar diferentes conhecimentos, ainda que estejam dispersos pela onda de fragmentação que constitui a formação universitária nas instituições de ensino superior (Morran, 2012). Logo, está na formação inicial do professor de ciências naturais, a possibilidade de se desenvolver essa aptidão do contexto de HFC nos indivíduos que estão em um momento de transição entre o ser aluno e o ser professor (Hidalgo e Lorencini-Júnior, 2016).

Neste sentido, vamos explorar alguns conceitos de HFC a seguir, relacionando ao tema principal deste manuscrito, que é retratar um contexto histórico de fronteira no Naturismo dos séculos XVIII e XIX. Neste enfoque, nossa preocupação é retratar a mentalidade e os dilemas epistemológicos que permeavam esse cenário do embate entre fixismo versus transformismo (pré-darwiniano) e sugerir alguns apontamentos para contextualizar esses temas em sala de aula.

3.2 Um pouco de filosofia para se entender a ciência

Até a publicação da obra “A Estrutura das Revoluções Científicas” (Kuhn, 1962), se pensava que o desenvolvimento científico fosse, ao longo do tempo, uma simples soma de todos os trabalhos acadêmicos publicados e, conseqüentemente, dos conhecimentos produzidos e acumulados pelo homem, em uma nobre missão de desvendar a verdade sobre o mundo. Porém, Kuhn (1962) refuta essa visão positivista, linear e gradualista e

propõe que o saber científico progride, mas de maneira descontínua, por revoluções científicas ou quebra de paradigmas.

Um paradigma é um modelo ou uma solução que sustenta uma mentalidade científica em um dado tempo. No geral, é uma orientação que valida e unifica um conceito ou um conjunto de conceitos e que é aceito pela elite científica de sua época. Mesmo sendo objeto de crítica, esse paradigma acaba sendo continuamente sustentado pela adesão criada pela sua comunidade, demonstrando que um paradigma é um produto social e ente histórico. Logo, esses períodos que sustentam um paradigma são chamados por Kuhn (1962) de ciência normal e são marcados pela resolução de problemas, mas sempre à luz do paradigma vigente.

Quando esse paradigma acumula diversas críticas a ponto de não dar conta em explicá-las sobre seu setor de “credibilidade”, iniciam os períodos de ciência extraordinária, ou seja, o período que antecede uma revolução científica. Uma revolução científica estabelece um paradigma diferente do postulado anterior. Porém, não é impossível que um ou mais cientistas, agindo em sua razão, prefiram trabalhar no paradigma anterior, tentando melhorá-lo ou ampliá-lo, ao invés de investir energia em uma adaptação ao novo paradigma. Ou seja, a adesão de um ou de outro paradigma envolve subjetividades e relativizações sobre a razão do próprio cientista (Villani, 2001).

Por outro lado, Popper (1963) entende que o conhecimento científico se constrói de uma forma diferente da abordada por Kuhn. A ciência popperiana explica os paradigmas como conjecturas temporariamente aceitas até serem refutadas. As teorias científicas produzidas deveriam então ser passíveis de serem falseadas, ou seja, deveria haver maneiras de provar que estão erradas. Logo, essas teorias não são substituídas por processos tão caricatos como “revoluções”, mas sim por novas teorias que resistiram a testes empíricos de falseabilidade e se mostraram mais robustas.

Kuhn discorda de Popper sobre o processo de falseamento na ciência, ou seja, na construção de testes de hipóteses e sistemas de teorias baseados na experiência, na observação e na experimentação. Para Kuhn (1962), essa é a lógica de como a ciência normal avança e quando uma ciência de exceção surge, a unanimidade sobre os critérios de teste também muda e as comparações tornam-se mais difíceis. Popper (1979), por sua vez, julga as explicações de Kuhn como engessadas, e afirma que é a comunidade científica que julga se abandona ou se aceita provisoriamente uma teoria e arca com qualquer consequência de aceitação ou rejeição dela.

Lakatos (1976), por sua vez, apresenta uma proposta mais parecida com a kuhniana. Para ele, a ciência estaria submetida a direcionamentos de programas de pesquisa, compostos por um núcleo rígido de ideias protegidas (mais conservador) e por um cinturão auxiliar mais flexível (mais progressista). O núcleo mais rígido tenta frear as teorias periféricas e salvaguardar seu núcleo. Porém, a experiência, a observação e o refinamento de análises podem provocar avaliações internas desses programas.

Por fim, Feyerabend (1975) propõe uma visão mais anárquica da ciência e de como ela se constrói. Este pensador afirma que as teorias propostas pela ciência não estão presas a paradigmas ou falseamentos ou programas, mas sim por uma pluralidade de métodos. E por não ser linear, não se deve haver regras rígidas ou impositivas para o progresso científico. Nem experiência, nem observação, nem refinamento de análises são suficientes, pois há múltiplas maneiras corretas para se conduzir a ciência.

Essas percepções diferentes (e mais citadas, digamos assim) fornecem um olhar sobre as diferentes abordagens da filosofia da ciência para se entender e trabalhar HFC em sala de aula. Cada um desses filósofos contribuiu de forma significativa para a compreensão da natureza da ciência em si, seu progresso e seus caminhos de investigação. É importante ressaltar que essas diferentes visões não são mutuamente excludentes e, na maioria das vezes, são complementares para diferentes contextos e áreas de pesquisa científica.

3.3 Situar o eixo fixismo/transformismo no naturalismo europeu pode ser trabalhado de diversas formas em sala de aula

É nesse campo da ciência extraordinária (Kuhn), de conjecturas (Popper), do movimento periférico de um programa de pesquisa (Lakatos) ou de uma metodologia diferentes (Feyerabend), que surgiu o movimento transformista (pré-darwinista), consequentemente, onde se insere a obra “A Metamorfose das Plantas” de Goethe, explanada ao longo deste trabalho.

Por mais que as explicações essencialistas platônicas-aristotélicas ou as dogmáticas criacionistas de Santo Agostinho, e que tiveram uma tradição secular na história humana e continuassem reiteradamente validadas pelas obras fixistas de Linnæus, de Bauhin, de Grew, de Cuvier, de um dos Jussieu (Koerner, 2001; Lamendin, 2013; Dagg e Derry, 2024), entre outros; passaram pelo período de crise do paradigma

da imutabilidade das espécies, frente as propostas publicadas nas obras de Lamarck, Goethe, Buffon, Saint Hillare, Wallace, entre outros (Kury, 2003; Kutschera, 2003; David e Carton, 2007; Carmo et al., 2012; Gilge e Prestes, 2014).

Esse período de “ciência extraordinária” dentro do naturalismo europeu de fronteira entre os séculos XVIII e XIX culminou com a publicação da obra “A Origem das Espécies” (1859) de Darwin, que foi naturalmente substituindo o paradigma do fixismo até a consolidação da ciência Biologia, com a estruturação de sua nova síntese evolutiva, incluindo os fatores de hereditariedade para explicar de forma coerente a variabilidade das espécies, suas mudanças no passar do tempo e as pressões seletivas do meio sobre as linhagens. Na figura 12, pode-se observar uma síntese das ideias expostas neste parágrafo.

Este esquema foi inspirado nas propostas de Bachelard (1996), Foucault (1999) e Mateos (2000), busca situar a ideia de pré-história e história propriamente dita da Biologia como ciência (Fig. 12). Para esses filósofos, antes do século XIX não se tinha uma ideia clara sobre o que era vida e não era incomum tratar os minerais como um reino de seres “imóveis”, paralelo aos seres anímicos (plantas e os animais) dotados de um “sopro vital” e que estavam subordinados ao campo da Química e da Física (Lima *et al.*, 2019). Para se ter uma ideia de como a Biologia ainda não estava diferenciada em uma disciplina específica, Marx (1844) cita um pensamento vigente da sua época, afirmando que existe apenas uma única ciência, a História, que era subdividida em História Natural e História da Humanidade.

Até a Biologia se afirmar sobre quatro problemas básicos que enfrentaria, a ciência em si não se fundou. Mateos (2000) trata sobre esses “problemas” e explica que até a Biologia não chegar em uma uniformidade de pensamento e uma clareza em torno da maneira de como resolvê-los ou de como responder às perguntas sobre eles, a ciência em si não estava coesa. Os problemas, citados por Mateos (2000), que tornaram a Biologia coesa foram: a noção sobre a vida com a teoria celular (Schwann e Shleiden); as mudanças na diversidade biológica no tempo com a teoria da evolução (Darwin); a geração e a perpetuação de características com a teoria dos fatores de herança (Mendel); e o conhecimento sobre o funcionamento dos corpos com o conceito de homeostase (Bernard). Antes dessa estruturação, o termo Biologia proposto por Lamarck e que foi utilizado por Treviranus, Budarch e Haeckel não fazia tanto sentido (Lima et al., 2019). A pré-história da Biologia é o que se conhece como História Natural = Filosofia Natural

= Física Natural = Naturalismo Científico, que vai de Aristóteles até a formulação da Nova Síntese.

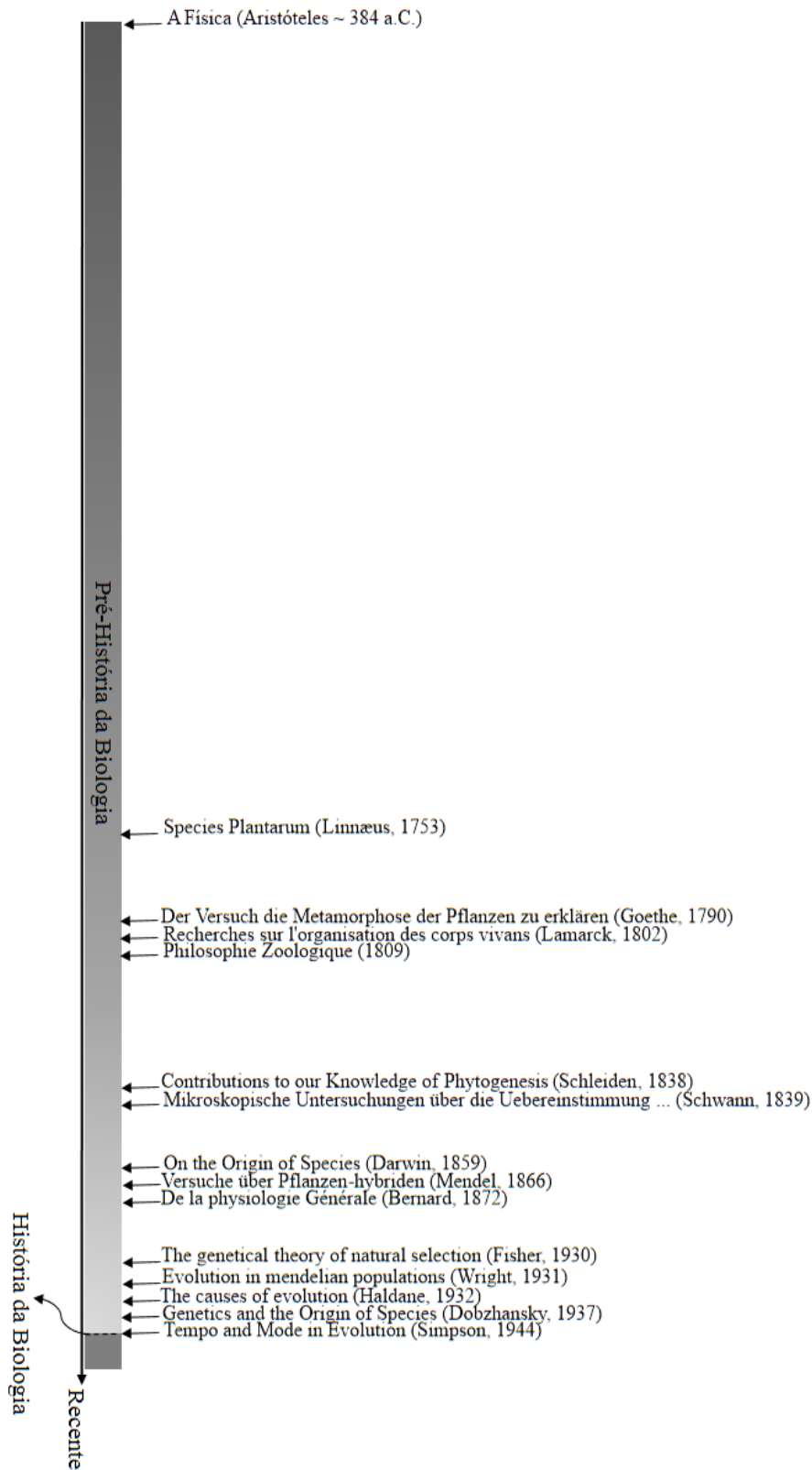


Figura 12: Pré-história e história, propriamente dita, da Biologia quanto ciência.

Na figura 13 já se pensou em estruturar uma exposição dos conteúdos de HFC a partir da ideia de Modelo de Mudança Conceitual (Posner *et al.*, 1982). Nessa perspectiva, trabalha-se o conhecimento científico construído historicamente por analogias entre mudanças na evolução do pensamento científico e mudanças sobre as concepções alternativas referentes à imutabilidade e à variabilidade das espécies, por meio de um conflito cognitivo de ideias.

Nesse Modelo de Mudança Conceitual (MMC), o estudante envolvido é levado a identificar uma insatisfação ou lacuna epistemológica em relação a “ideias concorrentes” de um contexto, seguindo nosso exemplo, entre as propostas que mantinham o paradigma da imutabilidade e o paradigma da mudança das espécies. Para isso, MMC precisa ser estruturado (i) acompanhando representações coerentes na forma de proposições e/ou imagens, (ii) capaz de identificar as problemáticas e ser consistente com os outros conhecimentos e (iii) capaz de conduzir novas descobertas.

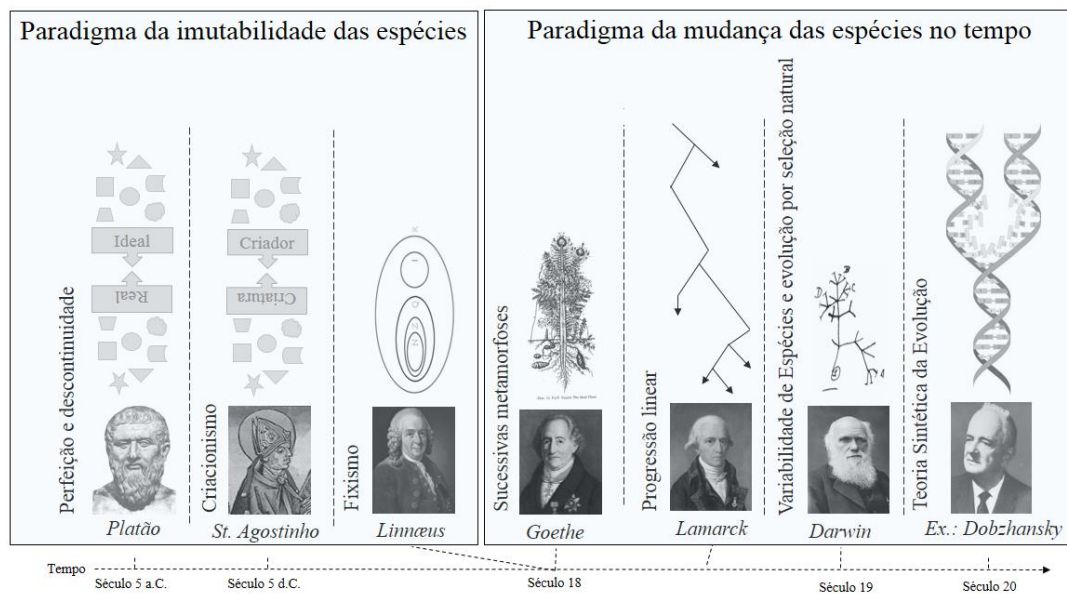


Figura 13: Uma outra visão sobre os paradigmas que envolvem a imutabilidade ou a mudança das espécies no tempo, apresentando esquemas e seus respectivos apoiadores.

Uma outra aplicação para HFC em sala de aula é o Modelo da Nova Historiografia da Ciência (MNHC), também como uma alternativa de inserção da HFC em sala de aula (Beltran *et al.*, 2014). Nesse modelo, os estudantes são incentivados a examinar e questionar fontes históricas, considerando a originalidade da ideia, seu contexto social de produção, seus possíveis vieses e o propósito pelo qual foram concebidas. Esse modelo

pode ser através da construção de uma forma gráfica (fig. 14), mas também podem ser usados estudos dirigidos.

Percebe-se também nessa representação que, muitas vezes, essas mentalidades coexistem em um mesmo período, indicando que o “progresso da ciência” é o resultado dessa interação entre teorias que tentam se estabelecer, mas que convivem com teorias já normatizadas. Essas diferentes concepções podem ser substituídas, “enterradas”, mas também podem ser trazidas de volta, “exumadas”, como no caso da onda pseudocientífica do recente, denominada “design inteligente” (Brabo, 2021). Até mesmo a própria Biologia Molecular Contemporânea deu origem a um movimento que chamou de neolamarckismo (Caponi, 2022), para explicar como a herança epigenética também explica a evolução adaptativa.

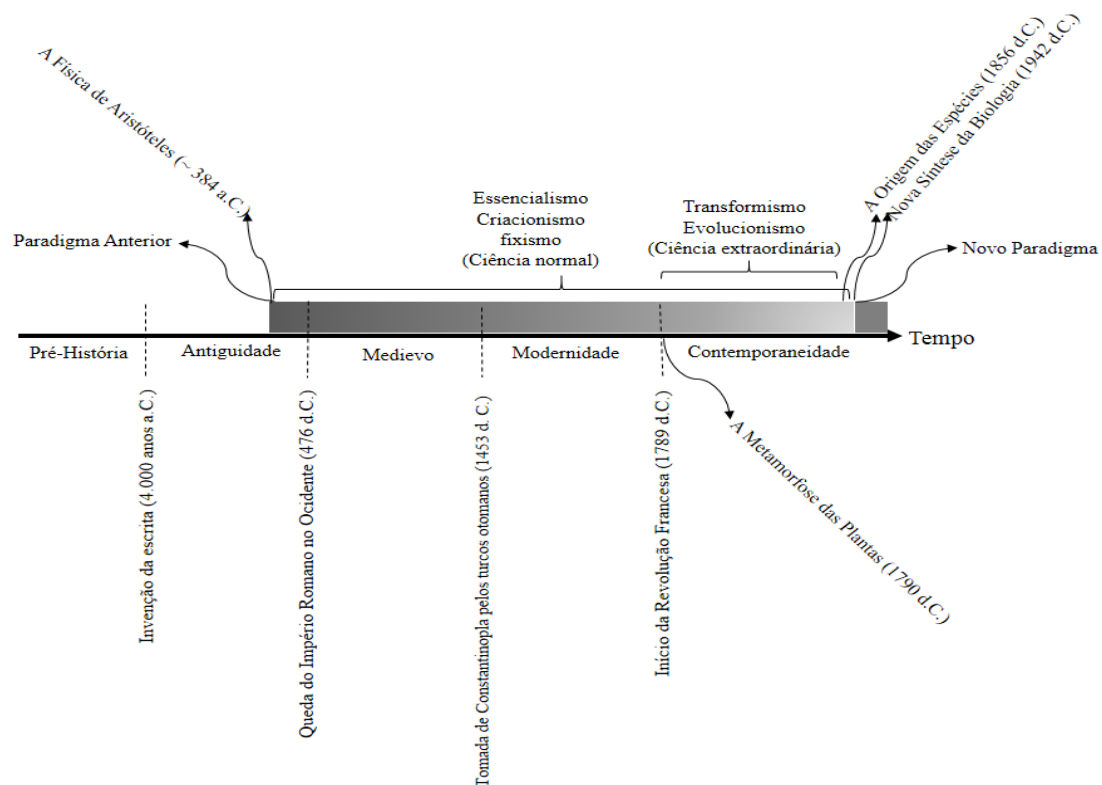


Figura 14: Descontinuidade e surgimento de paradigmas envolvendo a origem e diversidade dos seres vivos, específico às plantas, sob uma visão kuhntiana de concepção dos fatos. Obs.: os marcos que situam a escala de tempo histórico são aproximados.

O modelo MNHC também sugere a utilização de estudos dirigidos para gerar discussão em cima das fontes primárias, incluindo textos de naturalistas de diferentes mentalidades epistêmicas. A leitura dos textos originais é encorajada e deve ser apoiada por artigos de historiadores da ciência que discutem sobre temas dos textos originais, com

o propósito de contextualizar historicamente essas fontes primárias e dar suporte na identificação e crítica de questões filosóficas relevantes e relacionadas aos episódios históricos propostos (El-Hani, 2006). Cada grupo poderia compor um problema de cunho filosófico que, ao final, é montada uma linha do tempo para se avaliar como o tema foi tratado ao longo do tempo, como na figura 15.

Por exemplo, poderia se tomar um capítulo do “*Species Plantarum*” de Linnæus (1753), em que ele apresenta a síntese de seu sistema sexual dividindo as plantas ao quantitativo de genitais; um outro grupo avaliaria o capítulo sobre flor de Goethe (1790), na sua obra “*A Metamorfose das Plantas*”, em que ele tenta explicar o que é uma flor e as forças da natureza para produzirem uma flor; e o terceiro grupo com um capítulo do livro “*As Diferentes Formas de Flores em Plantas da Mesma Espécie*” de Darwin (1877), em que ele explica que as flores são polinizadas por insetos que servem como veículo para a reprodução.

Esses três textos (Fig. 15), mesmo tendo objetivos diferentes, são produtos de épocas diferentes, de diferentes visões de como eram interpretadas as formas da natureza. Um texto vê a natureza como uma contagem de peças (mecanicista, estruturalista e descritivo), onde as plantas eram classificadas, “ganhavam uma gaveta num armário” e só eram revisitadas em uma possível revisão nomenclatural. No segundo texto, há toda uma experimentação cuidadosa, lenta, gradativa, fenológica, em que eram anotadas todas as progressões ou regressões, numa tentativa de se explicar que esse processo é tanto interno quanto externo à planta. E, por fim, o último texto, que também é investigativo, porém mais preocupado no sentido de como a evolução de uma estrutura levou a um comportamento de um polinizador específico, fugindo da teleologia, gerando benefício mútuo e promovendo co-evolução. Dada a complexidade dos textos envolvidos, essa aplicação MNHC é mais indicada no nível superior tanto da formação inicial quanto para a pós-graduação.

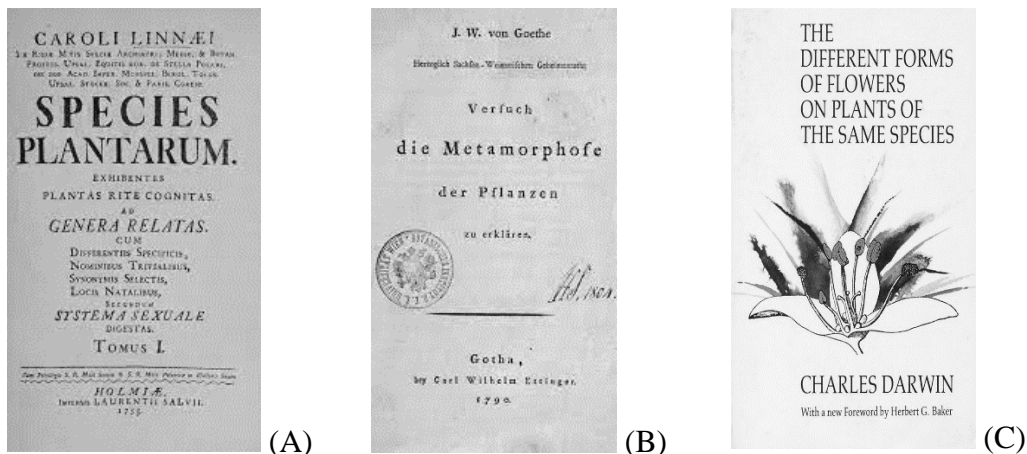


Figura 14: (A) “Species Plantarum” publicado, em 1753, por Linnæus; (B) “Der Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären” publicado, em 1790, por Goethe; e (C) “The Different Shapes of Flowers in Plants of the Same Species” publicado, por Darwin, em 1877.

Gilbert e Swift (1985) sugerem um outro método de se contextualizar HFC em sala de aula, através do Modelo de Movimento das Concepções Alternativas (MMCA). Nesse modelo de ensino, os educadores levantam as ideias prévias dos estudantes, sendo possível utilizar esse método em qualquer nível educacional. Dessa forma, esses autores supracitados confirmaram a hipótese de que as concepções prévias de um grupo são aparelhadas por padrões de pensamento, mesmo considerando contextos educacionais, sociais e de gêneros diferentes. Em geral, a percepção sobre esses padrões influenciava na compreensão de conceitos científicos dos participantes.

Esses levantamentos prévios de conhecimento implícito são formas para alavancar discussões e propor tomadas de decisões comparativas em um dado grupo (Gilbert e Swift, 1985). Atualmente, usa-se muito esse MMCA com a ajuda de softwares que geram nuvens de palavras em tempo real (Piffero *et al.*, 2020). Porém, essa prática pode tornar o trabalho do professor mais custoso, pois demanda tempo e um amplo repertório do tema para trabalhar as todas as respostas alternativas dos estudantes em situações diversas e em favor das concepções científicas aceitas.

Um modelo interessante desse foi adaptado na figura 16, que através das respostas dos estudantes são hierarquizadas a partir da resposta mais inclusiva, que vai subordinando categorias de respostas menos inclusivas, mas distintas e, estas últimas, com conceitos mais específicos. Alguns desses conceitos podem se complementar e estabelecer pontes epistêmicas (reconciliação).

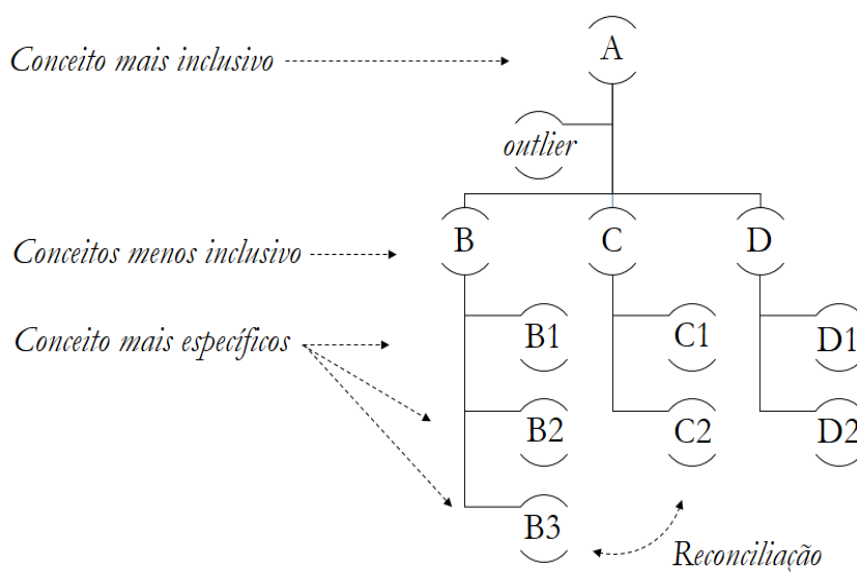


Figura 16: Exemplo de modelo de concepções prévias, adaptado de Ferreira e Estrela (2019).

Por fim, também há o Modelo de Construtivismo a partir da Teatralização da Ciência (MCTC). Essa proposta prevê a inserção de conceitos de ciências a partir de jogos dramáticos (Oliveira, 2012). Esse tipo de prática coloca os estudantes em uma posição de reflexão epistemológica para que, os mesmos, se envolvam em um tipo de raciocínio que foi utilizado pelos cientistas da época para alcançar os seus insights (Oliveira, 2012). A teatralização de um saber promove um estado de força criativa e que possibilita diversas formas em se trabalhar a criação artística como uma perspectiva de produção de conhecimento, explorando um conceito e questionando paradigmas (Deleuze, 1968).

Nessa prática, os estudantes de uma sala de aula podem ser divididos em grupos e recebem um único tema focal, como por exemplo: flor. Cada grupo recebe também uma ficha (Tabela 01) com o perfil de mentalidade correspondente a algum naturalista de períodos distintos (fixismo, transformismo, evolucionismo, por exemplo), além de um resumo sobre o contexto histórico da ciência na época. Logo, a partir desse perfil histórico de mentalidade, os grupos se organizariam para montar uma dramatização, em que um personagem seria um naturalista, que explica a flor com base em seu modelo científico, dois personagens seriam pupilos, que concordam com seu modelo, inclusive dando exemplos que corroboram na manutenção de suas ideias, e um terceiro pupilo seria o mais transgressor e faria perguntas que o modelo não conseguiria resolver. Logo, os estudantes

em grupos necessitariam pesquisar sobre o naturalista de uma época, argumentos plausíveis para a concordância sobre um tema e identificar as limitações do mesmo.

Tabela 01: Itens que o estudante pode preencher em sua pesquisa bibliográfica para montagem de uma dramatização.

Nome				
Idade		Cidade		País
Formação			Nível acadêmico	Colocar a foto do naturalista
Mentalidade				
Contexto histórico				
Dramatização				

3.4 Ensinar ou não ensinar HFC em sala de aula? Pressupostos da questão

Apesar da importância desses métodos de ensinar HFC em sala de aula expostos no tópico anterior, também há um movimento de crítica em se ensinar HFC, e a mais contundente foi aquela destacada por Kuhn (1962), que afirma que o professor de ciências é um doutrinador da ciência normal dentro do seu paradigma convencional, desta forma, ele passa a ideia de que se vive uma tradição científica bem estabelecida e de confiança. Popper (1979), por sua vez, diz que essa percepção de ciência estável é fruto da formação do cientista que perpetua seu conhecimento sobre ciência ainda de forma dogmática, afirma ainda que o professor insere seus alunos em uma nova concepção de mundo em detrimento de sua bagagem conceitual própria.

Além dessa problemática da concepção do professor frente a ciência normal, é preciso falar sobre os obstáculos epistemológicos trazidos para a sala de aula. Os obstáculos epistemológicos ou dogmas são as acomodações ao que já se conhece, podendo ser entendidos como anti-rupturas (Lecourt, 1980). O senso comum (Vantroba *et al.*, 2022), o preconceito (Maldonado-Torres, 2016), o apego a determinadas verdades = “hipótese de pelúcia” (Lima, 2013) e o conflito de ideologias proveniente de acordos sociais (políticos e religiosos principalmente) (Lakatos, 1998), podem ser encarados como resistências de uma forma de pensamento direcionada especificamente ao pensamento científico.

Ao se trabalhar os conceitos de HFC é importante destacar que a ciência não é neutra. Ela sofre influências diversas do contexto, sejam ideológicas, sociais, políticas, econômicas, etc. Kuhn (1962) e Popper (1979) concordavam que existe uma dificuldade na manutenção de uma neutralidade na ciência, sendo ela ideologicamente influenciável por diversos fatores. Essa preocupação com a neutralidade na ciência vem desde o Renascimento Científico com Francis Bacon (considerado o primeiro dos modernos e o último dos antigos). Bacon (1620) defendia que o debate científico deveria emergir sobre quaisquer concepções teológicas e que deve manter uma distância segura das crendices e de pressupostos metafísicos que não acrescentam nada à ciência e podem justamente estagnar o conhecimento, como aconteceu no eixo essencialista-criacionista-fixista (Antiguidade-Medieval-Modernidade) ao longo da idade média, durante toda a idade moderna e chegando na contemporaneidade.

Um exemplo de preconceito à inserção de HFS no currículo foi o relatado por Matthews (1995), quando se refere a um episódio ocorrido no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), onde o ensino de HFC foi pautado, mas não foi um consenso pela coletividade. Foi alegado que esse tipo de abordagem levava uma vinculação romantizada dos cientistas e de eventos, com valorização de personalidade sem máculas, com omissão de detalhes que levem à criticidade dos fatos e simplificações e trataria descobertas como verdadeira monumentalização (Matthews, 1995) ou uma ideia de consensualidade, em que não haveria espaço para o contraditório (Carneiro e Gastal, 2005). Em outros termos, seria uma “*pseudo-quasi-história*” [sic!] recortando precisamente os fatos em torno de um conceito específico a ser transposto em sala de aula.

Porém, considerando a formação docente (Bizzo, 2012) e a percepção de discentes sobre o que é ciência (Nicot e Souza, 2016), os estudos no geral apontaram que a concepção deturpada de ciência está relacionada à ausência dessas discussões históricas e filosóficas nos cursos de formação inicial de professores para o magistério das disciplinas de Ciências da Natureza. E essas percepções deturpadas não se encerram apenas em erros conceituais, mas também em criar vieses ideológicos, fomentados por erros de interpretação, como é o caso do *whiggismo* na Inglaterra, que designa um movimento pelo anacronismo em adaptar a História a interesses próprios (Magalhães, 2018); ou o *bolsonarismo* no Brasil, que escamoteia os fatos para acomodar suas exigências narcísicas (e.g. que a ditadura militar brasileira não torturava; que *ratanabá* é uma civilização pré-histórica na Amazônia e que precisa ser exumada por conta de seu

nióbio para justificar a derrubada da floresta; ou que as queimadas recorrentes na província biogeográfica do Cerrado são provocadas pelos indígenas e não pelo agronegócio ou causas naturais, etc.).

Diante do exposto, cabe um questionamento final pertinente feito na obra de Hidalgo e Lorencini-Júnior (2016) sobre: em que nível de ensino deveriam se inserir os conceitos de HFC? Para esses autores, todos os níveis podem receber adaptações, porém há algumas questões a serem discutidas, como, por exemplo, a construção de textos-guia apropriados, o problema dos livros didáticos extremamente resumidos da atualidade, a falta de carga horária suficiente para o trabalho em sala de aula e a falta de uma formação acadêmica adequada nos centros universitários, sem contar as questões socioeconômicas que estão por traz de tudo isso.

Todas essas problemáticas levantadas não são novidades para professores na prática e estudantes em formação inicial docente em ciências da natureza, porém o novo PNLD (Süssekind, 2019), atrelado à reforma do ensino médio de 2018 (Silva e Boutin, 2018), trouxe um livro didático bastante resumido e estruturado com os conteúdos das disciplinas de Química, Física e Biologia concomitantemente. Agora essas três disciplinas são tratadas dentro de uma área comum chamada de área de ciências da natureza e suas tecnologias. Apesar dessa proposta ser uma promessa desde os PCNs (MEC, 2000), mostrou que, na prática, não conseguiram demonstrar uma transdisciplinaridade clara, mas apenas uma disposição aleatória desses conteúdos (Barroso *et al.*, 2020).

Na realidade, essa fusão disciplinar na reforma do novo ensino médio de 2018, apenas promoveu um apostilamento bibliográfico. Da forma com que o livro didático de ciências da natureza e suas tecnologias está montado, incorre em um currículo mínimo (Lima, 2023), derivando uma espécie de escassez epistemológica para as ciências envolvidas, pois o conteúdo é precarizado ao extremo, seja pela síntese no integralismo científico, quanto no aporte à exterioridade para abordar história e filosofia das ciências da natureza no geral.

Por fim, a figura 16 apresenta uma síntese geral sobre os desafios para o ensino de História e Filosofia das Ciências no contexto do ensino das Ciências da Natureza, inspirado, mas modificado de Cachapuz *et al.* (2000). Pode-se perceber que, apesar dos desafios internalistas (conteúdos) e para promover a exterioridade (contextualização), o professor vai se deparar com inúmeros outros problemas para efetivar sua prática de

inserção de HFC em sua prática docente, problemas esses que, muitas vezes, ultrapassam a sala de aula. Além disso, denota que o ensino das Ciências da Natureza depende de uma reflexão da educação em ciências (a transposição), mas sobretudo uma reflexão profunda sobre Ciência em si.

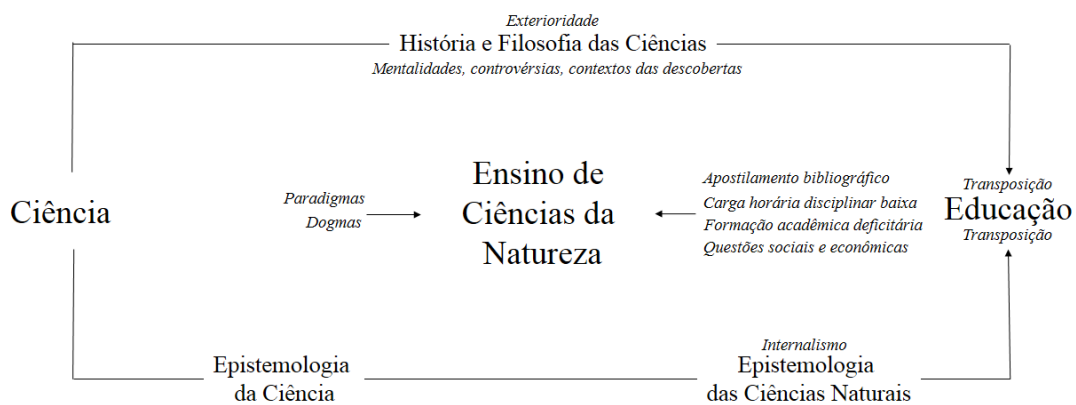


Figura 16: Questões envolvidas no ensino de História e Filosofia das Ciências, com enfoque para os principais desafios destacados no texto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi exposto neste trabalho, a ideia de uma manifestação primordial ou “*Urpflanzer*”, proposta por Goethe, foi subestimada pela sociedade científica da fronteira dos séc. XVIII e XIX. Seu modelo relacionado em torno de uma espécie de “planta primordial” era baseado em um espectro de possíveis metamorfoses e que se sobressaía ao debate tipológico e até o transmutacionista. Além disso, esse conceito está carregado de novas hipóteses para sua época, como a formulação dos conceitos de “variação” inter e intra específica, discutindo também como a forma biológica se manifesta com o passar do tempo.

Seu pensamento foge da lógica essencialista, descritiva, mecanicista, pré-formacionista e vitalista do século XVIII. Outros naturalistas de prestígio também consideraram a proposta de Goethe e reforçaram a ideia de que se iniciava em sua obra um debate extemporâneo. Através de observações fenomenológicas das plantas, de folhas, do perianto e dos órgãos sexuais das flores, chegou aos fatos da sua teoria.

Mesmo que ainda houvesse algum botânico que reprovasse ou apoiasse a episteme concebida pela “*Urpflanzer*”, possivelmente essa negação ou adesão dependeria da metodologia que direcionava o sujeito na busca de suas respostas científicas (fixistas x transmutacionistas). Para aquele momento, as críticas ao sistema fixista eram encaradas com resistência, por parte do núcleo duro da sociedade acadêmica mais conservadora.

Em relação ao contexto do ensino desses temas históricos e filosóficos das ciências naturais, a Biologia passou mais tempo como Naturalismo Científico que como ciência autônoma. É encorajado aos pesquisadores contemporâneos visitar a obra de naturalistas do período pré-Biologia para observar esses escritos com um novo olhar, principalmente aqueles considerados “fora do meio acadêmico”. É procurar nessas obras do passado como eram construídas suas perguntas, principalmente para os interessados na compreensão geral das plantas.

Pela sua constituição tardia, pelo desenvolvimento segmentado sobre a natureza das espécies (se fixas ou transformantes), pela forte influência do criacionismo, a unificação da Biologia foi por meio da construção do paradigma da evolução.

E esse tema emergente surgiu a partir das primeiras obras transformistas da fronteira do século XVIII e XIX. Esse período de quebra paradigmática ou de falseamento / relativização de um núcleo duro fixista ou até mesmo da implantação de metodologias

mais apropriadas para compreender a natureza da vida ao longo do tempo revolucionou as Ciências Naturais e seu modo de ensinar. Desta forma, merece novos olhares.

Procurou-se também demonstrar neste TACC que a melhoria do debate mais aprofundado sobre a alfabetização científica na atualidade perpassa por meio da inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) nas aulas de Ciências da Natureza. HFC é um tema que está atravessado pela teoria e prática em torno de momentos formativos diferentes: dos princípios de ciência para jovens no ensino médio à formação de licenciandos em ciências da natureza nas faculdades, na qual este trabalho também envolveu esforços para apresentar propostas de reflexão sobre o uso desse tema em sala de aula.

Mesmo diante de diversos obstáculos (estruturais, políticos, sociais, religiosos, etc.), o tópico HFC não deve substituir o integralismo científico que dá autonomia a uma disciplina, mas deve suplementá-lo de forma a permitir a elaboração de conexões intelectuais entre interesse, aplicação, ambição, criticidade e humanização da ciência.

Deste modo, haverá o estabelecimento de uma alfabetização científica, uma formação “em ciência e sobre ciência” e esta, por sua vez, demandando novas abordagens para o ensino das ciências aplicadas à natureza, tais como (re)conhecer os pressupostos teóricos, históricos e filosóficos por trás de uma disciplina em si.

REFERÊNCIAS

- ADLER, J. Origins of sightseeing. *Annals of Tourism Research*, v. 16, pp. 7-29, 1989.
[https://doi.org/10.1016/0160-7383\(89\)90028-5](https://doi.org/10.1016/0160-7383(89)90028-5)
- AKERLIND, G. S. Variation and Commonality in Phenomenography Research Methods. *Higher Education Research & Development*, 24(4):, p.321-334, 2005.
<https://doi.org/10.1080/07294360500284672>
- ALBUS, A. *Die Kunst der Künste: Erinnerungen an die Malerei*. Eichborn, 1997.
- ALENCAR, J. "Iracema". In ALENCAR, J. *Obra Completa*. Rio de Janeiro: Editora José Aguilar, 1959a, vol. III.
- MEDEIROS, A. J. G. BORGES, R. "Entrevista com Alexandre Medeiros: Refletindo Sobre a Epistemologia, Experimentação e Realidade,". In Borges, R. M. R. (org.). *Filosofia e História da Ciência no Contexto da Educação em Ciências: Vivências e Teorias*, Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. P. 20-57.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). *Benchmarks for Science Literacy: A Project 2061 Report*. New York: Oxford University Press, 1993.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press, 1990.
- AMIROU, R. *Imaginaire touristique et sociabilité du voyage*. Paris: PressesUniversitaires de France, 1995.
- AMRINE, F. The metamorphosis of the scientist. IN: SEAMON, D., ZAJONC, A. *Goethe's way of science: a phenomenology of nature*. New York: State University of New York Press, 2013.
- ANDRIOLO, A. Metamorfoses do olhar na viagem de Goethe à Itália. *Art Cultura*, 13(23): 113-127, 2011.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de janeiro: Contraponto, v. 1938, 1996.
- BACH-JR, J. A linguagem da natureza e a fenomenologia de Goethe. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, 31(1): 76-92, 2014.
- BACON, F. *Novum organum*. Clarendon press, 1878.

- BARNÉOUD, F. M. Mémoires sur le développement de l'ovule, de l'embryon et des corolles anormales dans les Renonculacées et les Violariées. Bourgogne et Martinet, 1846.
- BARROSO, M. C. S., PEREIRA, R. F., DOS SANTOS, A. D. P. A., DA SILVA, E. V. A., DOS SANTOS, J. P. G., & DE OLIVEIRA HOLANDA, F. H. (2020). Base Nacional Comum Curricular e as transformações na área das ciências da natureza e tecnologias. *Research, Society and Development*, 9(2), e164921985-e164921985. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i2.1985>
- BAUHIN, G. Pinax Theatri botanici. Index in Theophrasti. Dioscoridis, Plinii et Botanicarum. Basileia, França, 1623.
- BELTRAN, M. H. R., SAITO, F., TRINDADE, L. dos S. P. (2014). Historiografia da História da Ciência. In M. H. R. Beltran, F. Saito, L. dos S. P. Trindade (Orgs.), *História da Ciência para formação de Professores* (pp. 31-47). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- BHL. Biodiversity Heritage Library. Caroli Linnaei... Species plantarum. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/669>. Acesso em: 16/07/2019.
- BICUDO, R. de S.; TEIXEIRA, R. R. P. Reduccionismo, emergentismo e ensino de ciências. *Ensino & Multidisciplinaridade*, São Luís, v. 8, n. 1, p. e0722, 1-13, 2022. DOI: 10.18764/2447-5777v8n1.2022.7. <https://doi.org/10.18764/2447-5777v8n1.2022.7>
- BRABO, J.C. Falácias, pós-verdade e ensino-aprendizagem de Ciências. *Ensino & Pesquisa*, v. 19, n. 1, p. 25-38, 2021. <https://doi.org/10.33871/23594381.2021.19.1.25-38>
- BRADY, R. H. 1984. The causal dimension of Goethe's morphology. *Journal of Social and Biological Structures*, 7(1): 325-344, 1984. [https://doi.org/10.1016/0140-1750\(84\)90006-X](https://doi.org/10.1016/0140-1750(84)90006-X)
- BRADY, R. H. Form and Cause in Goethe's Morphology. In: Amrine; Zucker, F. F. J.; WHEELER, H. Goethe and the Sciences: A Reappraisal. The Nature Institute - Ronald H. Brady Archive, Dordrecht. 1987. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3761-1_14
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério Da Educação E Cultura (MEC), República Federativa do Brasil. Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio. Brasília: MEC, 2000.

BORCHMEYER, D. Weimarer Klassik. Weinheim: BeltzAthenäum, 1994.

CACHAPUZ, F.; JORGE, M. P.; PRAIA, J. Ciência, educação em ciência e ensino das ciências. Ministério da Educação, 2002.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: Um Software Gratuito para Análise de Dados Textuais. *Temas em Psicologia*, 21(2), 513-518, 2013a.
<https://doi.org/10.9788/TP2013.2-16>

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. Tutorial para uso do software de análise textual Iramuteq. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1-18, 2013b.

CAPONI, G. (2022). La teoría de la selección natural frente al neolamarckismo epigenético. *Cuadernos Filosóficos / Segunda Época*, (19).
<https://doi.org/10.35305/cf2.vi19.173>

CARMO, V. A.; MARTINS, L. Al-C. P.; BIZZO, N. M. V. As contribuições de Alfred Russel Wallace para a biogeografia. *Filosofia e História da Biologia*, v. 7, n. 1, p. 117-136, 2012.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 01, p. 33-40, 2005.
<https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000100003>

CASSIRER, E. *The Problem of Knowledge*. Yale Univ. Press, New Haven, 1950.

COEN, E. Goethe and the ABC model of flower development. *Comptesrendus de l'AcadémiedesSciences*, 324(1): 1-8, 2001.
[https://doi.org/10.1016/S0764-4469\(00\)01278-6](https://doi.org/10.1016/S0764-4469(00)01278-6)

DAGG, J. L.; DERRY, J. F. Patrick Matthew's synthesis of catastrophism and transformism. *Notes and Records*, v. 78, n. 1, p. 167-188, 2024.
<https://doi.org/10.1098/rsnr.2022.0019>

DARWIN, C. *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, Albermarle Street, London, 1859.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.68064>

DARWIN, C. *The Different Shapes of Flowers in Plants of the Same Species*. Disponível em: [69](https://darwin-</p></div><div data-bbox=)

online.org.uk/content/frameset?pageseq=1&itemID=F1277&viewtype=side. Acesso em: 29/02/2024.

DAVID, J. R.; CARTON, Y. Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788)-Un homme d'influenceausiècledeLumières. médecine/sciences, v. 23, n. 11, p. 1057-1062, 2007.

<https://doi.org/10.1051/medsci/200723111057>

DELEUZE, G. *Différence et répétition*. Paris: Puf, 1968.

DELIZOICOV, Demétrio. *A potencialidade das reflexões epistemológicas. Filosofia e história da ciência no contexto da educação em ciências: vivências e teorias*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

DESMOND, A. *The politics of evolution: Morphology, medicine, and reform in radical London*. University of Chicago Press, 2011.

DORNELAS, M.C.; DORNELAS, O. From leaf to flower: revisiting Goethe's concepts on the "metamorphosis" of plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(4): 335-344, 2005.

<https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000400001>

DUCHARTRE, P. Observations sur quelques parties de la fleur dans le *Dipsacus sylvestris* Mill. et dans l'*Helianthus annuus* Lin. *Annales des Sciences Naturelles - Botanique*, v. 16, p. 221-234, 1841.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, Cibelle Celestino. *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para a aplicação no Ensino*. Editora Livraria da Física, 2006. p. 3-21.

EYDE, R. H. The foliar theory of the flower. *American Scientist*, 63: 430-437, 1975.

FERREIRA, P., ESTRELA, A. Do texto à reflexão metalinguística: O esquema como elemento estruturante. *Eutomia-Revista de Literatura e Linguística*, v. 1, n. 23, p. 245-267, 2019.

<https://doi.org/10.51359/1982-6850.2019.241931>

FEYERABEND, P. (1975). *Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge*. Humanities Press.

FOUCAULT, M.. *As palavras e as coisas*. trad. Salma Tannus Muchail. São Paulo: Martins, 1999.

- GUIDOTTI, M. A construção do olhar: a Viagem à Itália, de Goethe. *Pandaemonium*, 15(19): 122-136, 2012.
<https://doi.org/10.1590/S1982-88372012000100007>
- GILBERT, J. K.; SWIFT, D. J. Towards a lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, v. 69, n. 5, p. 691-696, 1985.
<https://doi.org/10.1002/sce.3730690510>
- GILGE, M. V.; PRESTES, M. E. Ernst Haeckel nas coleções de Biologia aprovadas pelo PNLD 2012: Ensino Médio. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, n. 2, p. 325-348, 2014.
<https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i2.212>
- GINEFRA-TONI, J. F. On the Origins and Renaissance of Goethe's Morphology. *Elemente der Naturwissenschaft*, 108(1): 5-21, 2018.
- GOETHE, J. W. *Verfuch die Metamorphofe der Pflanzenzuerklären*. Gotha: Ettinger, 1790.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.127448>
- _____. *Essaisurlametamorphosedes plantes*. Traduction pour Frédérie be Gingins-Bassaraz. Genève, J. Barbezat et CIX imprimeurs-librares, 1829.
- _____. *A metamorfose das plantas*. Tradução, introdução, notas e apêndices de Maria Filomena Molder. Lisboa, Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1993.
- _____. *Doutrina das cores*. São Paulo: Nova Alexandria, 1993b.
- _____. *The metamorphosis of plants*. Traduction, introduction and photography by Gordon L. Miller. Massachusetts Institute of Technology, 2009.
- _____. *A metamorfose das plantas*. Tradução, prefácio e notas de Fábio Mascarenhas Nolasco. São Paulo, edipro, 2019.
- _____. *Goethe's Werk, Italienische Reise. Dreizehnter Band*, Stuttgart, Germany, 1817.
- _____. *Viagem à Itália*. São Paulo: Cia. Das Letras 1999.
- _____. *Fausto*. Trad. Jenny Klabin Segall. Apresentação e notas Marcus Mazzari. Editora 34. 2004/07. 2 vols. (Bilíngüe)
- HALL. A.R. *La revolución científica (1500-1750)*. Crítica: Barcelona, 1985.
- HANSEN, T. B. *The Role of Philosophy of Science and Ethics in University Science Education*. Göteborg: NSU Press, 2002, pp. 17-22.

HAUSER, A. O romantismo alemão e ocidental. História social da arte e da literatura. Tradução de Álvaro Cabral. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

HERDER, J. G. Idées pour la philosophie de l'histoire. Paris. Aubier. 1962.

HIDALGO, M. R.; JUNIOR, Á. L. Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces, v. 14, p. 19-38, 2016.

HOLDREGE, C. Goethe and the Evolution of Science. In Context, 31(1): 10-23, 2014.

HOLDREGE, C. Doing Goethean Science. Janus Head, 8(1), 27-52, 2005.
<https://doi.org/10.5840/jh20058132>

HUGO, V. O corcunda de Notre-Dame. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2018.

JUSSIEU, A. L. Genera Plantarum. PARISIIS: apud viduam Hérisant, 1789.

KARL, M. Ökonomisch-philosophischen Manuskripteaus dem Jahre 1844, MEW
Ergänzungsband 1, Schriften, Manuskripte, Briefe bis 1844.

KELLEY, T. Goethe's Plant Morphology: The Seeds of Evolution. Journal of
Interdisciplinary Research, 1(1): 1-15, 2007.

KERNER VON MARILAUN, A. Pflanzenleben. vol 1. Bibliographisches Institut,
Leipzig, 1883.

KESTLER, I. M. F. Johann Wolfgang von Goethe: arte e natureza, poesia e ciência.
História, Ciências, Saúde - Manguinhos, 13:(suplemento): 39-54, 2006.
<https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000500003>

KOENER, L. Goethe's Botany: Lessons of a Feminine Science. Isis, 84(3): 470-495,
1993.
<https://doi.org/10.1086/356548>

KOERNER, L. Linnaeus: Nature and nation. Harvard University Press, 2001.
<https://doi.org/10.4159/9780674039698>

KUHN, T. S. (1962). A estrutura das revoluções científicas. (The Structure of Scientific
Revolutions). Editora Perspectiva, São Paulo, SP

KURY, L. Auguste de Saint-Hilaire, viajante exemplar. Intellèctus, v. 2, n. 1, p. 1,
2003.

KUTSCHERA, U. A comparative analysis of the Darwin-Wallace papers and the
development of the concept of natural selection. Theory in Biosciences, v. 122, p. 343-
359, 2003.
<https://doi.org/10.1078/1431-7613-00094>

- LAKATOS, I. (1976). *Proofs and Refutations*. Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139171472>
- LAKATOS, I. *Ciência y pseudociencia*. LAKATOS, Imre. *História da ciência e suas reconstruções racionais*. Tradução Emília Picado TM Mendes. Lisboa: Ed, v. 70, p. 11-20, 1998.
- LARSON, J. L. Goethe and Linnæus. *Journal of the History of Ideas*, 28(4): 590-596, 1967.
<https://doi.org/10.2307/2708532>
- LEVIT, G. S.; REINHOLD, P.; HOßFELD, U. Goethe's "Comparite Anatomy" as a foundation for the growth of theoretical and applied biomedical sciences in Jena. *Theory in Biosciences*, 1(1): 1-8, 2015.
<https://doi.org/10.1007/s12064-015-0208-4>
- LAMENDIN, H. *Les de Jussieu, unefamille de botanistes aux XVIII° et XIX° siècles*. 2013.
- LECOURT, D. (1980). *Para uma crítica da epistemologia*. 2 ed. Lisboa: Assírio e Alvim.
- LIMA, L. G. (2023). O extermínio epistemológico e os perigos do conceito de mínimo curricular no esvaziamento de conteúdos da Base Nacional Comum Curricular: uma proposta de superação. *Revista Amazônida: Revista Do Programa De Pós-Graduação Em Educação Da Universidade Federal Do Amazonas*, 8(1), 1-25.
<https://doi.org/10.29280/rappge.v8i1.11894>
- LIMA, M. D. B., CORAZZA, M. J., DELLA JUSTINA, L. A. (2019). Concepções Acerca da História e Epistemologia da Biologia Apresentadas em uma Comunidade de Prática. *Revista Contexto & Educação*, 34(107), 88-103. <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2019.107.88-103>
<https://doi.org/10.21527/2179-1309.2019.107.88-103>
- LIMA, R. A. F. *Ajuste e seleção de modelos na descrição de comunidades arbóreas: estrutura, diversidade e padrões espaciais*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2013.
- LINNÆUS, C. 1753. *Species plantarum*. ed.1. Laurent Salvi, Stockholm.
- LOUBÈRE, L.; RATINAUD, P. *Documentation IraMuTeQ 0.6 alpha 3 - version 0.1*. [Computer software]. Disponível em: <http://www.iramuteq.org>. Acesso em: 01 abril de 2023.

MAGALHÃES, G. Por uma dialética das controvérsias: o fim do modelo positivista na história das ciências. *Estudos Avançados*, v. 32, p. 345-361, 2018.
<https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0022>

MAINBERGER, S. "No remoinho da tendência-espiral" - Questões de estética, literatura e ciências naturais na obra de Goethe. *Estudos Avançados*, 24(69): 203-218, 2010.
<https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000200013>

MALDONADO, C. E. Internalismo y Externalismo em el Trabajo em Complejidad en América Latina. *Revista Ciencias De La Complejidad*, 3(1), 13-21.
<https://doi.org/10.48168/cc012022-002>

MALDONADO-TORRES, N. Transdisciplinaridade e decolonialidade. *Sociedade e estado*, v. 31, p. 75-97, 2016.
<https://doi.org/10.1590/S0102-69922016000100005>

MARCONI, M. A, LAKATOS, E. M. *Metodologia do Trabalho Científico*. 7ª ed. Atlas: São Paulo, 2013.

MATEOS, I. L. *Historia de la Biología*. AGT Editora: México, 2000.

MEYER, H. Goethe as a Scientist: A Problem in Historical Method. *Monatshefte*, 41(8): 415-423, 1949.

MNHN. Muséum National d'Histoire Naturelle. Disponível em:
<https://www.mnhn.fr/fr/search/node/herbier>. Acesso em: 16/07/2019.

MORIN, E. *A Cabeça Bem Feita: Repensar a Reforma e Reformar o Pensamento*, 20ª ed. (Rio Janeiro: Bertrand Brasil, 2012).

NATIONAL CURRICULUM COUNCIL (NCC). *Science in the National Curriculum*. York:NCC, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academic Press, 1996.

NICOT, Yuri Expósito; SOUZA, Jerson Sandro Santos de. A natureza da ciência das visões deformadas à rejeição. *Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 2016.

NIKLAS, K. J.; KUTSCHERA, U. From Goethe's plant archetype via Haeckel's biogenetic law to plant evo-devo 2016. *Theory in Biosciences*, v. 136, n. 1, p. 49-57, 2017.
<https://doi.org/10.1007/s12064-016-0237-7>

OLIVEIRA, T. R. M. Encontros possíveis: experiências com jogos teatrais no ensino de ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 18, n. 3, p. 559-573, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000300005>

PIFFERO, E. L. F.; COELHO, C. P.; SOARES, R. G.; ROEHRS, R. Active methodologies and remote biology teaching: use of online resources for synchronous and asynchronous classes. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e719108465, 2020.

<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8465>

POPPER, K. R. A ciência normal e seus perigos. In: LAKATOS, Imre; MUSGRAVE, Alan (Org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo : Cultrix, 1979.

POPPER, K. R. *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, London, Routledge and Kegan Paul, 1963.

POSNER, G. J. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

<https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>

RAMOS, M. C. Maupertius e o pensamento evolutivo na época das luzes. *Khronos*, n. 2, p. 134-154, 2016.

REHFELD, D. Kant e Goethe: a semelhança de caminhos distintos. *Rapsódia*, 6(1), 117-134, 2012.

REILL, P. H. Bildung, Urtyp and Polarity: Goethe and Eighteenth-Century Physiology.

In: *Goethe Yearbook*, v. 3, 1986, pp. 139-148. Disponível em:

<https://www.goethesociety.org/pages/yearbook.html>. Acesso em: 24/06/2021.

<https://doi.org/10.1353/gyr.2011.0236>

RICHARDSON, R. J. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RIEGNER, M. F. Ancestor of the new archetypal biology: Goethe's dynamic typology as a model for contemporary evolutionary developmental biology. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(1): 735-744, 2013.

<https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2013.05.019>

RIBEIRO, N. Goethe, Spengler e a Morfologia da Linguagem de Wittgenstein. *Griot: Revista de Filosofia*, 15(1): 173-186, 2017.

<https://doi.org/10.31977/grirfi.v15i1.744>

- ROA, A. Goethe em la historia de las ciencias biológicas. *Revista de Filosofía*, n. 2, p. 171-188, 1949.
- ROBIN, N. "Les philosophes du végétal": Remarques sur l'élangoethéen après 1800. *Alliage*, 64(1): 106-112, 2009.
- ROBIN, N. Heritage of the Romantic Philosophy in Post-Linnaean Botany Reichenbach's Reception of Goethe's Metamorphosis of Plants as a Methodological and Philosophical Framework. *Journal of the History of Biology*, 44(1): 283-304, 2011.
<https://doi.org/10.1007/s10739-010-9231-y>
- SACHS, J. *Vorlesungen über Pflanzen-Physiologie*. Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1882.
- SCHELLING, F. W. J. *Ideias para uma filosofia da natureza*. Trad.: Carlos Morujão. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda. 2001.
- SCHILPEROORD, P. Goethes Metamorphose der Pflanzen und die modern Pflanzengenetik. *Goethes Beitrag zur Erneuerung der Naturwissenschaften*. P. Heusser, Haupt Bern, 2000.
- SCHILPEROORD, P. Metamorphosen der Pflanze. *Elemente der Naturwissenschaft*, 86(1): 46-71, 2007.
- SCHLEIDEN, M. J. *Grundzüge der Wissenschaftlichen Botanik nebst einer Methodologischen Einleitung, Zweiter Theil, Morphologie*. (Leipzig - Alemanha: Organologia), 1842.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.61283>
- SCHLEIDEN, M. J.; VOGEL, T. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Blüthentheile bei den Leguminosen. *Verhandlungen der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher Nova Acta Physico-Medica Academiae Caesareae Leopoldinico-Carolinae. Naturae Curiosorum*, 11: 59-84, 1839.
- SCHMID, G. Goethes Metamorphose der Pflanzen. In: J. WALTHER, J. *Goethe als Seher und Erforscher der Natur: Untersuchungen über Goethes Stellung zu den Problemen der Natur*. Druck von Poeschel & Trepte, 1930.
- SILVA, K. C. J. R.; BOUTIN, A. C. Novo ensino médio e educação integral: contextos, conceitos e polêmicas sobre a reforma. *Educação (Santa Maria. Online)*, v. 43, n. 3, p. 521-534, 2018.
<https://doi.org/10.5902/1984644430458>

STEIGERWALD, J. Goethe's Morphology: Urphänomene and Aesthetic Appraisal. *Journal of the History of Biology*, 35(1): 291-328, 2002.
<https://doi.org/10.1023/A:1016028812658>

STEINER, R. O método cognitivo de Goethe: linhas básicas para uma gnosiologia da cosmovisão goethiana. São Paulo: Antroposófica, 2004.

STEVENSON, R. L. O médico e o monstro. BOD GmbH DE, 2017.

SÜSSEKIND, M. A BNCC e o "novo" Ensino médio: reformas arrogantes, indolentes e malévolas. *Revista Retratos da Escola*. Brasília. v. 13, n. 25, 91-107p, 2019.
<https://doi.org/10.22420/rde.v13i25.980>

PLANTS OF THE WORLD. Welcome to Plants of the World Online Browse 1,422,000 global plant names, 200,200 detailed descriptions, and 374,800 images. Disponível em: <https://powo.science.kew.org/>. Acesso em: 16/07/2019.

THUILLIER, P. Goethe l'hérésiarque. *La Recherche*, 64(1): 1-24, 1976.

TOVEY, D. F. Beethoven. Acantilado, 2022.

UNGER. F. Ideale Darstellung einer vollkommenen Pflanze. *Botanische Briefe*, Wien, 1852.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.13218>

VAN DER HAMMEN, L. Type-concept, higher classification and evolution. *Acta Biotheoretica*, n. 30, v. 1, p. 3-48, 1981.
<https://doi.org/10.1007/BF00116071>

VANTROBA, E. L.; LOPES, G. C. D.; YILDIRIM, K. Dicotomias sobre senso comum e conhecimento científico: método o início do percurso. *Revista Universitas da Fanorpi*, v. 2, n. 8, p. 85-101, 2022.

VIEIRA, L. A. Schelling. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 2007.

VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. *Ciência & educação*, v. 7, n. 02, p. 169-181, 2001.
<https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200003>

WARDLAW, C. W. The Metamorphosis of Plants. *Nature*, 158(1): 808-809, 1946.
<https://doi.org/10.1038/158808a0>