UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

**Contribuições de Frederic Edward Clements para a ecologia:
o desenvolvimento do conceito de clímax (1904-1936)**

Tatiane Barbosa Martins

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências, obtido no Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada

Ribeirão Preto - SP

2020

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

**Contribuições de Frederic Edward Clements para a ecologia:
o desenvolvimento do conceito de clímax (1904-1936)**

Tatiane Barbosa Martins

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências, obtido no Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada

Orientadora: Profa. Dra. Lilian Al-Chueyr Pereira Martins

Ribeirão Preto - SP

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Martins, Tatiane Barbosa.

Contribuições de Frederic Edward Clements para a ecologia: o desenvolvimento do conceito de clímax (1904-1936). Ribeirão Preto, 2020.

p. 81: il; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP. Área de concentração: Biologia Comparada

Orientadora: Martins, Lilian Al-Chueyr Pereira.

1. História da Ecologia. 2. Clements, Frederic Edward. 3. Clímax. 4. Organismo Complexo. 5. Ecologia Dinâmica.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: MARTINS, Tatiane Barbosa

Título: Contribuições de Frederic Edward Clements para a ecologia: o desenvolvimento do conceito de clímax (1904-1936)

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências, obtido no Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Lilian Al-Chueyr Pereira Martins, por sua dedicação, orientação, correções, amizade, confiança e paciência em todas as fases do meu trabalho.

Ao Julian C. G. Silva Junior, meu marido, por todo incentivo, apoio e principalmente pelo carinho.

Aos meus pais, pelo apoio e incentivo.

Aos meus colegas do Laboratório de História e Teoria da Biologia, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP, pelas contribuições, críticas, sugestões e amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento à pesquisa.

À Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP) da Universidade de São Paulo (USP) e especialmente ao Departamento de Biologia e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, por todo o suporte que tornou possível o desenvolvimento deste trabalho.

“Poderia me dizer, por favor, que caminho devo tomar para ir embora daqui?”

“Depende bastante de para onde quer ir”. Respondeu o Gato.

“Não me importa muito para onde”, disse Alice.

“Então não importa que caminho tome”, disse o Gato.

“Com tanto que eu chegue a *algum lugar*”, Alice acrescentou à guisa de explicação.

“Oh, isso você certamente vai conseguir”, afirmou o Gato,

“desde que ande o bastante”.

Como isso lhe pareceu irrefutável, Alice tentou uma outra pergunta. “Que espécie de gente vive por aqui?”

“*Naquela* direção”, explicou o Gato, acenando com a pata direita,

“vive um Chapeleiro; e *naquela* direção”, acenando com a outra pata,

“vive uma Lebre de Março. Visite qual deles quiser: os dois são loucos.”

“Mas não quero me meter com gente louca”, Alice observou.

“Oh! É inevitável”, disse o Gato; “somos todos loucos aqui.

Eu sou louco. Você é louca.”

“Como sabe que sou louca?” perguntou Alice.

“Só pode ser”, respondeu o Gato, “ou não teria vindo parar aqui.”

As aventuras de Alice no país das maravilhas,

Lewis Carroll.

MARTINS, T. B. Contribuições de Frederic Edward Clements para a ecologia: o desenvolvimento do conceito de clímax (1904-1936). 2020. 81 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 2020.

RESUMO

A presente pesquisa se refere a época do florescimento e institucionalização da ecologia. Seu objetivo é investigar como se deu o desenvolvimento do conceito de clímax por Frederic Edward Clements (1874-1945). Procura averiguar se houve mudanças significativas no período compreendido entre 1904 e 1936. Além disso, qual foi a recepção obtida por parte da comunidade científica da época. Esta dissertação contém uma introdução e quatro capítulos. O Capítulo 1 apresenta Clements ao leitor e aborda sua vida e obra, apresentando alguns precedentes de suas contribuições. O Capítulo 2 descreve o percurso que levou Clements a elaborar o conceito de clímax. O Capítulo 3 discute como a comunidade científica da época recebeu a proposta de clímax de Clements. O Capítulo 4 procura responder às questões inicialmente colocadas e apresenta algumas considerações sobre o assunto tratado. Esta pesquisa levou a conclusão que o termo clímax ou sua conotação não aparecem de imediato nas obras de Clements analisadas e têm relação com outras concepções suas como associação, por exemplo. Para a construção deste conceito, Clements se baseou em seus estudos de campo e laboratório bem como nas contribuições de outros autores. Não foram detectadas mudanças significativas em relação ao conceito. As críticas recebidas diziam respeito principalmente à restrição do clímax ao clima bem como a ideia de um organismo complexo. Clements não utilizou a expressão “organismo complexo” no sentido metafórico.

Palavras-chave: História da Ecologia; Clements, Frederic Edward; clímax; organismo complexo; ecologia dinâmica.

MARTINS, T. B. Contributions by Frederic Edward Clements to Ecology: the development of the concept of climax (1904-1936). 2020. 81 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 2020.

ABSTRACT

The following study refers to the flourishing and institutionalization of ecology. It aims to investigate the development of the climax concept by Frederic Edward Clements (1874-1945). It seeks to ascertain whether there were significative changes from 1904 to 1936 or not. Furthermore, how the scientific community received the idea at the moment. This dissertation contains an introduction and four chapters. Chapter 1 presents Clements to the reader and addresses his life and work, featuring some precedents for his contributions. Chapter 2 describes the path that led Clements to elaborate the concept of climax. Chapter 3 discusses how the scientific community of that time received Clements' climax proposal. Chapter 4 aims to answer the questions initially posed and presents some considerations on the subject addressed. This research led to the conclusion that the term climax and its connotation do not appear immediately in Clements' analysed works. Besides that, the concept of climax is related to other Clements' conceptions such as association. To build this concept, Clements based on his field and laboratory research as well as the work developed by other scholars. No significant changes were detected in relation to the concept. The criticisms received mainly concerned the restriction of the climax to the climate as well as the idea of a complex organism. Clements did not use the term "complex organism" in a metaphorical sense.

Keywords: History of Ecology; Clements, Frederic Edward; climax; complex organism; dynamic ecology.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Frederic Edward Clements	17
Fig. 2 - Seminário Botânico	18
Fig. 3 - Edith Schwartz Clements.....	19
Fig. 4 - Edith Schwartz e Frederic Clements.....	20
Fig. 5 - Folha de rosto do livro <i>Research Methods in Ecology</i> , publicado em 1905	20
Fig. 6 - Folha de rosto do livro <i>Rocky mountain flowers</i> , publicado em 1914.....	22
Fig. 7 - Prancha 42, do livro <i>Rocky mountain flowers</i> , publicado em 1914	22
Fig. 8 - Folha de rosto do livro <i>Plant succession: An analysis of the development of vegetation</i> , publicado em 1916.....	23
Fig. 9 - Frederic Clements em uma das regiões afetadas pelo <i>Dust Bowl</i>	26
Fig. 10 - Geotome	36
Fig. 11 - Balança	36
Fig. 12 - Psicrômetro <i>sling</i>	37
Fig. 13 - Fotômetro	37
Fig. 14 - Medidor de chuva	38
Fig. 15 - Barômetro aneroide	38
Fig. 16 - Henry Chandler Cowles	52
Fig. 17 - Henry Allan Gleason	54
Fig. 18 - Forrest Shreve	56
Fig. 19 - William Skinner Cooper	57
Fig. 20 - Robert Harding Whittaker	59
Fig. 21 - Arthur George Tansley	61
Fig. 22 - Arthur Tansley e Frederic Clements na Primeira Excursão Internacional de Fitogeografia das Ilhas Britânicas em 1911	63
Fig. 23 - Segunda Excursão Internacional de Fitogeografia em 1913 no Parque Nacional de Yosemite, Califórnia.....	64
Fig. 24 - Segunda Excursão Internacional de Fitogeografia em 1913 em <i>Mount Tamalpais</i> , Condado de Marin, Califórnia	65

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
 CAPÍTULO 1 - FREDERIC EDWARD CLEMENTS: VIDA E OBRA	14
1.1. PRECEDENTES HISTÓRICOS DA ECOLOGIA.....	14
1.2. CLEMENTS: FORMAÇÃO, CARREIRA E INTERESSES PROFISSIONAIS.....	16
1.3. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	27
 CAPÍTULO 2 - CLEMENTS E O CONCEITO DE CLÍMAX	29
2.1. AS CONCEPÇÕES INICIAIS DE CLEMENTS.....	29
2.2. A PROPOSTA DE UM “MANUAL” DE ECOLOGIA	33
2.2.1. OS INSTRUMENTOS	35
2.3. SUCESSÃO ECOLÓGICA E CLÍMAX	40
2.4. CLÍMAX: NATUREZA E ESTRUTURA.....	45
2.5. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	49
 CAPÍTULO 3 - CLEMENTS E SEUS INTERLOCUTORES.....	51
3.1. A RECEPÇÃO DO CONCEITO DE “CLÍMAX” NOS ESTADOS UNIDOS.....	52
3.2. A RECEPÇÃO DA PROPOSTA DE CLEMENTS NA GRÃ-BRETANHA: ARTHUR G. TANSLEY	61
3.3. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	70
 CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

INTRODUÇÃO

Atualmente, a ecologia é uma subárea da biologia institucionalizada e com várias vertentes. Apresenta complexidade já que se refere a todas as formas de vida e suas relações com o meio desde a época em que a vida surgiu na Terra. Para explicar determinados fenômenos, recorre à química, física, geologia, biologia molecular e biologia do organismo. Preocupa-se principalmente com os grupos de organismos, interações entre eles e seus respectivos meios e complexos formados por componentes físicos, químicos e biológicos que constituem os ecossistemas (Keller & Golley, 2000, pp. 9-10). No entanto, em termos históricos, é uma ciência recente que se estabeleceu durante o século XX, de modo análogo à genética.

Embora o termo “ecologia” tenha sido proposto na segunda metade do século XIX, pode-se dizer que a ecologia se desenvolveu seguindo diferentes caminhos, em épocas diferentes e países diferentes. Entre a proposta do termo ecologia e sua institucionalização, o percurso foi longo e contou com contribuições de diversos cientistas. Um deles foi o botânico Frederic Edward Clements (1874-1945), o personagem central desta dissertação.

A presente pesquisa discute sobre uma das contribuições de Clements, o conceito de clímax e como ele foi construído entre os anos de 1904 a 1936, bem como foi recebido pela comunidade científica da época, como, por exemplo, pelo botânico inglês Arthur George Tansley (1871-1955).

Este é um trabalho dentro da linha de pesquisa História, Filosofia e Ensino de Biologia Comparada, estando voltado para a História da Biologia, particularmente, História da Ecologia. Seu objetivo não é desenvolver novos conhecimentos científicos na área da ecologia, e sim investigar a origem e fundamentação de conhecimentos aceitos atualmente bem como propostas antigas que foram rejeitadas e esquecidas e o desenvolvimento de teorias ou conceitos. Estudos históricos e epistemológicos deste tipo contribuem para a compreensão da natureza e processo de construção da ciência e para o próprio esclarecimento conceitual das bases da Biologia. Não cabe aqui, é claro, discutir a validade e importância da história e filosofia da ciência, que não são colocadas em dúvida nos países desenvolvidos.

Embora existam trabalhos sobre as contribuições de Clements, pode-se dizer que o tema escolhido ainda tem aspectos a serem explorados. Isso é mostrado através de um levantamento realizado a partir dos volumes anuais da *Current bibliography* da revista *Isis*. Essa bibliografia

apresenta os trabalhos históricos publicados em cada ano, em centenas de revistas especializadas de todo o mundo. Portanto, o trabalho aqui proposto poderá trazer alguma contribuição para a historiografia da história da ecologia no que se refere ao tema estudado.

A metodologia empregada nesta pesquisa utiliza, por um lado, uma abordagem histórica e, por outro lado, a análise metodológica e análise não epistêmica¹ (Martins, 2005). A “abordagem histórica” consiste no estudo de obras originais dos cientistas e do contexto histórico de sua época. Além das obras científicas primárias, são estudadas obras secundárias, isto é, artigos e livros de historiadores da ciência, que tratam dos assuntos, problemas ou período em questão.

Como fontes primárias, foram utilizadas quatro obras de Clements que incluem os artigos “The development and structure of vegetation” (1904) e “Nature and structure of the climax” (1936) e os livros *Research methods in ecology* (1905) e *Plant succession: an analysis of the development of vegetation* (1916). Como fontes secundárias, foram utilizados diversos artigos como “Clementsian Ecologists: The Internal Dynamics of a Research School” de Joel B. Hagen, “A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern” de Robert H. Whittaker e livros como *Adventures in ecology: half a million miles: from mud to Macadam*, de Edith. S. Clements; *The background of ecology: Concept and theory*, de Robert P. McIntosh e *The evolution of American ecology* de Sharon Kingsland, além de outras.

Este tipo de estudo conduz a uma compreensão tão próxima quanto possível da linguagem, problemática, pressupostos, métodos e conhecimentos gerais da época abordada, de forma a adquirir uma visão semelhante à dos próprios pesquisadores dessa mesma época. Apenas dessa maneira pode-se evitar uma interpretação totalmente deturpada dos textos antigos. É preciso evitar em especial os anacronismos, como confundir os conceitos antigos com os atuais (mesmo se forem representados pelas mesmas palavras) e confundir a fundamentação apresentada na época com a aceita atualmente. É muito importante evitar o erro historiográfico que consiste em procurar e valorizar no passado apenas aquilo que se aceita atualmente, desprezando aquilo que é rejeitado pela ciência atual (historiografia “Whig”). É impossível eliminar totalmente a influência de nossas concepções atuais, mas deve-se evitar, tanto quanto possível, olhar o passado com os olhos do presente.

O uso da “análise metodológica” significa que o estudo não se restringe à mera descrição

¹ As expressões “não epistêmico” e “não conceitual” correspondem à expressão “extra-científico” (com ou sem hífen) que é bastante comum em obras de língua inglesa sobre história da ciência. Robert Merton, por exemplo, empregou esta expressão para se referir às relações entre ciência e doutrinas religiosas, ou utilidade econômica ou adequação política (Ver Merton, Robert K. *Science and the social order. Philosophy of Science* 5 (3): 321-337, 1938, especialmente a página 328).

do passado, mas procura discutir aquela ciência com os recursos filosóficos e metodológicos adequados. Responder-se-á a questões do tipo: se a teoria estava claramente formulada, se era coerente, se estava bem fundamentada em observações e/ou experimentos, se era testável, se dispunha de bons argumentos, se havia alternativas viáveis, etc. Para isso é necessário um conhecimento histórico adequado bem como um treino em filosofia e metodologia da ciência.

A “análise não-epistêmica” encerra um conjunto de abordagens. Em primeiro lugar, um “enfoque sociológico”, que envolve uma avaliação das forças sociais que influíram nas decisões e crenças dos cientistas. Através desta abordagem poder-se-á tentar responder a outro tipo de questão: Por que motivo uma proposta foi aceita ou recusada? Nesse sentido, serão examinados os contextos político, religioso e a *Weltanschauung*² dos grupos considerados. Uma teoria bem fundamentada pode não ser aceita: e uma teoria com fraca fundamentação pode ser aceita. Não é apenas a boa ou má fundamentação que pode explicar a aceitação ou rejeição de uma teoria, embora seja (como já foi dito) um dos fatores que influenciam a reação da comunidade científica.

Além disso, esta pesquisa procurará averiguar se o principal personagem deste estudo estava vinculado ou podia ser identificado como pertencendo a um determinado grupo social sob o ponto de vista religioso, filosófico, político, profissional e familiar, se tinham aderido a um programa de pesquisa, etc. – e como esses fatores sociais poderiam influenciar suas atitudes em relação ao conceito que propôs.

Este trabalho adota principalmente o enfoque epistêmico já que irá se concentrar no desenvolvimento do conceito de clímax, em que evidências Clements se baseou para fundamentar suas ideias e o contexto científico da época e reação de seus colegas.

A presente pesquisa procurará responder às seguintes questões:

- a) Como se apresentava o panorama dos estudos ecológicos na primeira, segunda e terceira décadas do século XX?
- b) Como é apresentado o conceito de clímax em Clements, 1904; 1905; 1916 e 1936? Houve alguma mudança significativa de 1904-1905 para 1936?
- c) Quais as evidências em que se baseou Clements para elaborar o conceito de clímax em 1904-1905; 1916 e 1936?
- d) Pode-se dizer que suas concepções a respeito do clímax estavam bem fundamentadas para

² Visão de mundo.

a época?

- e) Como o conceito de clímax se relacionava com outros conceitos adotados por Clements?
- f) Como foi recebida a proposta do clímax pelos colegas de Clements na época considerada?
E posteriormente?
- g) Sabemos que Tansley criticou a ideia de organismo complexo de Clements preferindo o termo “ecossistema”, mas qual era sua posição em relação ao clímax?
- h) Afinal para Clements “organismo complexo” era uma metáfora ou não?

Esta dissertação está dividida nesta Introdução e quatro capítulos. O Capítulo 1 apresenta Clements ao leitor e aborda sua vida e obra, mencionando alguns precedentes de suas contribuições. O Capítulo 2 descreve o percurso que levou Clements a elaborar o conceito de clímax. O Capítulo 3 discute sobre a recepção da proposta de Clements relacionada ao clímax por parte da comunidade científica da época. O Capítulo 4 procura responder às questões inicialmente colocadas e apresenta algumas considerações sobre o assunto tratado.

CAPÍTULO 1

FREDERIC EDWARD CLEMENTS: VIDA E OBRA

Este capítulo apresentará inicialmente, de maneira breve, algumas contribuições anteriores às do botânico Frederic Edward Clements (1874-1945). A seguir, discutirá um pouco sobre sua vida e obra.

1.1 PRECEDENTES HISTÓRICOS DA ECOLOGIA

Alguns autores como Pascal Acot (1990, p. 13) consideram que uma das vertentes que deram origem à ecologia foi a botânica³, quando o enfoque descritivo voltado para o reconhecimento e classificação dos vegetais adotado no século XVIII, começou a se modificar após as contribuições trazidas pelos naturalistas viajantes como por exemplo, Alexander von Humboldt (1769-1859).

De acordo com Acot, a expressão “geografia das plantas”⁴ bem como sua conotação, teriam sido criadas pelo próprio Humboldt e se referiam a um tipo de estudo botânico que se diferenciava das propostas anteriores que seriam de natureza principalmente descritiva ou mais voltada para plantas que tivessem utilidade prática como uso medicinal, alimentação, agricultura, etc. (Acot, 1990, p. 13). No entanto, o próprio Humboldt explicou que esta expressão já tinha sido empregada anteriormente por outros autores como Bernardin de Saint Pierre (1737-1814) em seus *Études de la Nature* (“Estudos da natureza”), publicado em 1784. Entretanto, eles não haviam conferido um “tratamento científico” ao assunto (Humboldt & Bonpland, 1805, Arêdes, 2001, p. 19). Karl Ludwig Willdenow (1765-1812), antigo mestre de

³ Geralmente estão associados ao início da ecologia os nomes de botânicos tais como: Alphonse de Candolle, (1806-1893), na Suíça; Eugenius Warming (1841-1924) na Dinamarca, Andreas F. W. Schimper (1856-1901), Oscar Drude (1853-1933), na Alemanha; Charles E. Bassey (1845-1915) nos Estados Unidos, professor e mentor de Clements, dentre outros. Além disso, pode-se acrescentar o zoólogo norte-americano Victor E. Shelford (1877-1968).

⁴ Alguns historiadores da ciência consideram que a concepção “geografia das plantas” fazia parte de uma visão holística da natureza em que as partes do universo estariam inter-relacionadas. Nesse sentido, a geografia das plantas seria um elemento que só poderia ser entendido através de sua participação e dependência em relação ao todo. A natureza era vista como um organismo complexo (visão organicista). Além disso, a “geografia das plantas” seria um estudo que apresentava características românticas como a ênfase na estética com forte influência de Goethe, mas que ao mesmo tempo diferiria do movimento romântico por não desprezar as medidas e a experiência. Outra característica encontrada nesse estudo seria a busca de leis (Arêdes, 2001, p. 2).

Humboldt, é considerado um dos naturalistas que inicialmente pensaram a geografia das plantas como um campo distinto de investigação dentro da Botânica (Browne, 1983, p. 38; Arêdes, 2001, p. 19). Humboldt e Bonpland explicaram o que entendiam por “geografia das plantas”:

É esta ciência que considera os vegetais sob todas as relações de sua associação local nos diferentes climas. Vasta como o objeto que abarca, ela dá apenas uma ideia da imensa extensão que as plantas ocupam, desde a região das neves eternas até o fundo do Oceano, e até o interior do globo, onde crescem, nas grutas obscuras, criptógamos tão pouco conhecidos como os insetos que deles se alimentam (Humboldt & Bonpland, 2001, p. 14, *apud* Arêdes, 2001, p. 20)

Porém, não se pode esquecer das contribuições de Charles Darwin (1809-1882) que propiciaram um novo olhar para a biologia levando em conta as relações entre indivíduos de uma mesma espécie, entre espécies diferentes e com o meio (Martins, 2019, p. 128).

Embora o termo *ecologia* tenha sido proposto na segunda metade do século XIX, a ecologia se desenvolveu e institucionalizou no decorrer do século XX e atualmente constitui uma subárea da biologia reconhecida e com várias vertentes (Stauffer, 1957, p. 141; Keller & Golley, 2000, p. 9). Portanto, conforme mencionado na Introdução desta dissertação, em termos históricos é uma ciência recente, já que se estabeleceu durante o século XX.

No século XIX, no final da década de 1860, numa conferência inaugural na Universidade de Jena, Ernst Haeckel explicou:

Por ecologia entendemos o corpo de conhecimentos que se refere à *economia da natureza* – a investigação da totalidade das relações do animal tanto com o meio orgânico como com o meio inorgânico; incluindo acima de tudo, suas relações de amizade e inimizade com esses animais e plantas com os quais tem contato direto ou indireto. Resumindo, ecologia é o estudo de todas essas complexas inter-relações a que Darwin se referiu como luta pela existência. A ciência da ecologia, erroneamente mencionada como “biologia” no sentido restrito, constituiu o principal componente do que é comumente chamado de “História natural” (Haeckel, [1869], 1879, *apud*, Keller & Golley, 2000, p. 9)

Alguns anos mais tarde, o então Presidente da *British Association for the Advancement of Science*, J. S. Burdon-Sanderson se referiu à ecologia (“*oecologie*”) como um ramo da biologia de modo semelhante à morfologia e fisiologia, porém, “muito mais atraente” (McIntosh, 2000, p. 29). Contudo, foi somente mais para o final do século XIX que o termo “ecologia” passou a ser empregado amplamente, quando cientistas europeus e americanos

começaram a se autodenominar ecólogos (Ricklefs 2010, p. 2). Isso ocorreu, por exemplo, em um tratado de geobotânica geral do botânico dinamarquês Eugenius Warming (1841-1924), datado de 1895. (Acot, 1990, p. 32).

O processo de formação e institucionalização da ecologia enquanto subárea da biologia foi bastante complexo. Pode-se dizer que ela se desenvolveu seguindo diferentes caminhos, em épocas diferentes e em países diferentes. Um deles foi nos Estados Unidos, onde estava relacionada ao movimento que visava promover a transformação da botânica no final do século XIX, especificamente, no final da década de 1890. Este movimento que defendia aplicações práticas da ciência e contou com a participação de Clements se caracterizou por uma ampla campanha para o desenvolvimento e independência da ciência europeia (Kingsland, 2005, p. 3).

De acordo com Robert McIntosh, a ecologia de plantas surgiu na virada do século XIX para o século XX. Em termos conceituais, metodológicos e de terminologia se situa entre a botânica tradicional, florística e geografia das plantas, tendo suas raízes na História Natural. Conhecida geralmente como “nova botânica” caracteriza-se pela adoção de uma metodologia baseada em estudos fisiológicos desenvolvidos em laboratório (McIntosh, 2000, p. 40).

Nos Estados Unidos algumas instituições do Kansas e Nebraska produziram uma boa quantidade de pesquisa em ecologia e formaram muitos “ecólogos” no início do século XX. Muitos botânicos como John Ernest Weaver (1884-1966) e Clements mantiveram um interesse em problemas agrícolas ao longo da vida (McIntosh, 2000, p. 34).

1.2 CLEMENTS: FORMAÇÃO, CARREIRA E INTERESSES PROFISSIONAIS

Clements (figura 1), nasceu em Lincoln, Nebraska (EUA), em 26 de setembro de 1874. Após ter concluído o Bacharelado em Ciências na Universidade de Nebraska em 1894, foi nomeado Instrutor Assistente em Botânica na mesma universidade. Quatro anos depois, juntamente com Roscoe Pound (1870-1964), defendeu a tese intitulada *Phytogeography of Nebraska* (Pound & Clements, 1898) na mesma universidade. Começou a lecionar em 1899 e foi Professor Adjunto a partir de 1903 e Professor Associado de Fisiologia Vegetal em 1905. Exerceu a função de Agente do Departamento de Agricultura dos EUA no período compreendido entre 1893-1896. Além disso, atuou como Especialista em florestas no Serviço Florestal dos EUA, de 1903 a 1910 (White & Derby, 1948, p. 266). Essas duas últimas funções que exerceu durante seis anos podem ter contribuído para o conhecimento da vegetação da região.

Fig. 1. Frederic Edward Clements.

Fonte: WHITE, James T.; DERBY, George (Eds.). *The National Cyclopædia of American Biography*. New York: J. T. White & Company. Vol 34. p. 265, 1948.

Clements foi aluno de Charles E. Bessey⁵ (1845-1915), conceituado professor de Botânica na Universidade de Nebraska de 1884 a 1915. Bessey introduziu métodos e técnicas para combater pragas na agricultura e se destacou por suas aulas e trabalhos com microscopia, fisiologia vegetal e trabalho de laboratório. Defensor de uma nova botânica, fez parte da *American Association for the Advancement of Science* (“Associação Americana para o Avanço da Ciência”). Juntamente com seus alunos criou o “Seminário Botânico” (figura 2), um fórum para discussão dos trabalhos de botânica desenvolvidos na Universidade de Nebraska. (Pool, 1915, pp. 507-508). Este seminário começou suas reuniões de forma informal em 1886 e se estabeleceu no ano seguinte.

⁵ Bessey foi um dos principais educadores do *Iowa State Agricultural College*, e quando foi transferido para a Universidade de Nebraska em 1894, contribuiu para o desenvolvimento de um forte programa de pesquisa focado no estudo da vegetação do Nebraska. (Kingsland, 2005, p. 17).

Fig. 2. Seminário Botânico

Legenda: Na primeira fileira, Clements ao centro. Charles Bessey a esquerda e Roscoe Pound a direita.

Fonte: OBERG, Jon H., *Founders of Plant Ecology: Frederic and Edith Clements*. Lincoln, NE: UNL Digital Commons, p. 3, 2019. Disponível em: <<https://digitalcommons.unl.edu/unsmaffil>>. Acesso em: 10 Jan. 2020

Nessa época, o setor industrial estava crescendo rapidamente após a construção das ferrovias transcontinentais e a pradaria ocidental, relativamente árida, estava se abrindo rapidamente para a agricultura e pastoreio. Bessey e seus alunos dedicaram-se à avaliação da prática do pastoreio e agricultura, pois a deterioração do campo devido ao excesso de pastagem e más práticas agrícolas foi um problema preocupante na época. (Kingsland, 2005, p. 142). Como estudante de Bassey, Clements pôde se inteirar de todos esses problemas, além de ter contato com o trabalho de laboratório.

Em 1899, Clements casou-se com Edith Gertrude Schwartz (1874-1971) (figura 3) que passou a se chamar Edith Gertrude Schwartz Clements. O casal se conheceu na Universidade de Nebraska (Ogilvie & Harvey, 2003, p. 545). Edith se interessou pela botânica e concluiu o seu doutorado em 1906. Foi a primeira mulher a obter um Ph.D pela Universidade de Nebraska. Edith e Clements não tiveram filhos. (White & Derby, 1948, p. 267).

Fig. 3. Edith Schwartz Clements.

Fonte: OBERG, Jon H., *Founders of Plant Ecology: Frederic and Edith Clements*. Lincoln, NE: UNL Digital Commons, p. 9, 2019. Disponível em: <<https://digitalcommons.unl.edu/unsmaffil>>. Acesso em: 10 Jan. 2020

Edith descreveu Clements como um homem culto. Comentou que os dois compartilhavam ideais, ambições e interesses. Apreciavam as poesias de Robert Browning (1812-1889), poeta e dramaturgo inglês, música clássica e uma “boa literatura”. Além disso, algumas cartas dentre as várias que Clements endereçou a ela, a seu ver, “revelavam a alma, de um poeta e sonhador sensível sob o homem da ciência” (Clements, E. 1960, p. 14).

Durante suas férias em *Pikes Peak*, Colorado, o casal (figura 4) considerou a possibilidade de criar um laboratório experimental de ecologia. A ideia acabou se concretizando com a criação de um laboratório de Ecologia no Colorado (Laboratório Alpino) cujo objetivo era conduzir experimentos em diferentes climas e altitudes, aos quais eles dedicaram durante as quatro décadas seguintes. (Oberg, 2019, p. 10).

Fig. 4. Edith Schwartz e Frederic Clements.

Fonte: OBERG, Jon H., *Founders of Plant Ecology: Frederic and Edith Clements*. Lincoln, NE: UNL Digital Commons, p. 10, 2019. Disponível em: <<https://digitalcommons.unl.edu/unsmaffil>>. Acesso em: 10 Jan. 2020

Foi nesse período que Clements escreveu *Research methods in Ecology* (1905) (figura 5). Direcionado à pesquisadores e estudantes de ecologia, o livro foi bem recebido pela comunidade científica da época.

Fig. 5. Folha de rosto do livro *Research Methods in Ecology*, publicado em 1905.

Clements (1905) reuniu informações relacionadas à pesquisa que vinha desenvolvendo nos últimos anos. Nessa pesquisa, havia aplicado métodos experimentais ao estudo da vegetação e realizado experimentos controlados submetendo as plantas das Montanhas Rochosas do Colorado a diferentes situações em relação à umidade e luminosidade. (Clements, 1905, Prefácio). Em relação ao objetivo da ecologia, ele comentou:

A tarefa da ecologia é descobrir o que a planta e a formação viva estão fazendo e suas respostas a complexos fatores e habitats. Logo, a ecologia coexiste com a botânica. É importante que o ecólogo deva antes de tudo ser um botânico e não um mero catalogador de plantas. Também é necessário ter um treinamento específico nos métodos especiais de pesquisa ecológica. (Clements, 1905, p. 6)

Percebe-se a importância que ele dava à relação habitat-planta e a ênfase em um treinamento e métodos especiais para o estudo ecológico.

Em 1907, sob a recomendação Bessey e E. H. Barbour, Clements foi convidado para ocupar um posto na Universidade de Minnesota. (Oberg, 2019, p. 4).

Porém, quando Clements recebeu o convite para se tornar o Chefe do Departamento de Botânica da Universidade de Minnesota, ele ficou em dúvida se aceitava o convite. Nas palavras de Edith:

Frederic hesitou até que eu o lembrei que, como chefe de um departamento, ele poderia levar adiante suas ideias revolucionárias de ensino que eliminavam livros e palestras, e usar estufas como laboratórios e salas de aula, [...]. “Além do mais”, disse, “pense no que poderíamos fazer com esse belo salário para dar um impulso ao Laboratório Alpino! E ainda passaríamos as férias de verão lá!”. Isso resolveu. (Clements, E., 1960, p. 24)

Após ter sido aceito, mudou-se para Minneapolis e passou a exercer a função de Chefe do Departamento de Botânica da Universidade. Atuou também como botânico estadual e diretor da Pesquisa Botânica de Minnesota (White & Derby, 1948, p. 266).

Em 1914, Clements e Edith⁶ publicaram um livro em coautoria (figuras 6 e 7). (Clements & Clements, 1914). Era um guia ilustrado para os amantes e usuários de plantas. Os desenhos

⁶ Além de suas próprias publicações relacionadas a ecologia como: *Flowers of mountain and plain* (1920); “Wildflowers of the West” (1927); *Flowers of Coast and Sierra* (1928); *The relation of leaf structure to physical factors* (1928); “Floral Garlands of Prairie, Plain and Woodland” (1939); “Environment in Evolution” (1959); “The Calendula Story” (1959); Edith também publicou obras em coautoria com Clements, como por exemplo: *Flower families and ancestors* (1928); “Climate and climax” (1933), “Flower pageant of the midwest” (1939).

foram feitos por Edith. Segundo o casal, esse livro poderia servir tanto para os entusiastas da botânica sem treinamento, pois as ilustrações possibilitam o reconhecimento de uma série de plantas comuns, como para o botânico, já que eles resumem os “primeiros resultados do estudo quantitativo da origem de novas formas e para indicar a base do trabalho em andamento no estudo experimental e estatístico de variação e adaptação.” (Clements, 1914, Prefácio).

Fig. 6. Folha de rosto do livro *Rocky mountain flowers*, publicado em 1914.

Fig. 7. Prancha 42, do livro *Rocky mountain flowers*, publicado em 1914.

Quando a *Ecological Society of America* foi organizada em dezembro de 1915, o Laboratório do Deserto como centro de pesquisa estava no auge. Daniel T. MacDougal (1865-1958), William A. Cannon (1870-1958) e Forrest Shreve (1878-1950) foram alguns dos membros fundadores da sociedade. (Kingsland, 2005, p. 125). MacDougal, que trabalhava no Laboratório do Deserto, em Tucson, recomendou que o *Plant Succession* fosse publicado pela Instituição pois talvez isso levasse à nomeação de Clements como Assistente de Pesquisa do *Carnegie Institution*. (Clements, E., 1960, p. 65).

Em 1916, Clements publicou *Plant succession; an analysis of the development of vegetation* (figura 8). Explicou detalhadamente a pesquisa que vinha desenvolvendo na área que se estendia das Grandes Planícies à costa do Pacífico e das Montanhas Rochosas canadenses

à fronteira mexicana. Analisou cuidadosamente as grandes formações clímaxes dessas regiões.

Fig. 8. Folha de rosto do livro *Plant succession: An analysis of the development of vegetation*, publicado em 1916.

Em 1917, Clements deixou de exercer suas funções na Universidade, passando a atuar como pesquisador associado da *Carnegie Institution* de Washington até 1941 quando se aposentou. Nesse período, ele planejou e orientou pesquisas sobre a vegetação, coletou diversas espécies e analisou o impacto dos fatores físicos em seu ambiente. (White & Derby, 1948, p. 266). Ele e Edith, sua assistente e ilustradora durante muitos anos, estabeleceram-se em sua casa de inverno em Tucson, Arizona. (White & Derby, 1948, p. 266; Oberg, 2019, p. 5). Nesse período, Clements começou a ganhar uma popularidade especial por seu trabalho em metodologias ecológicas e por sugerir um modelo da sucessão de comunidades vegetais (Oberg, 2019, p. 5).

Entre 1914 e 1918, período em que ocorreu a Primeira Grande Guerra, o casal Clements pretendia fazer um estudo das faixas oeste e noroeste do país para avaliar o impacto que as atividades de pastoreio estavam tendo e o que poderia ser feito na região bastante castigada por grandes períodos de seca. Os pecuaristas que tiveram contato com Clements, de um modo geral, estavam otimistas. (Clements, 1960, p. 102).

Como pesquisador da *Carnegie Institution*, Clements continuou publicando. Dentre os seus parceiros estão John Weaver, aluno de Nebraska; Frances Louise Long, aluna de doutorado de Nebraska, que o seguiu até Minnesota e *Carnegie*; Ralph W. Chaney, paleobotânico da América do Norte e Ásia e juntos eles publicaram cinco obras; Victor Shelford, com quem publicou *Bioecology*; Homer Shantz, que mais tarde se tornou presidente da Universidade do Arizona, completou uma pesquisa botânica da África do Sul usando os princípios clementsianos; John Phillips, dedicado seguidor de Clements; Emmett V. Martin. (Oberg, 2019, p. 5).

A dinâmica do “grupo clementsiano” era peculiar. Durante os vinte e quatro anos que Clements foi afiliado à *Carnegie*, muitos estudantes e pesquisadores visitaram ou trabalharam brevemente em seus laboratórios. Uma parte deles pode ser identificada como um “grupo de pesquisa clementsiano”. Seus membros tinham sido treinados por Clements nas Universidades de Nebraska e Minnesota. Hagen (1993) descreve o grupo de Clements como:

Intelectualmente, esses alunos continuavam a trabalhar dentro dos estreitos limites dos interesses de pesquisa de Clements: uma vez no grupo, eles aparentemente tinham pouca oportunidade ou encorajamento para expandir sua pesquisa fora do programa delineado por seu líder. [...]. Os membros do grupo não só eram intelectualmente subordinados ao programa de pesquisa clementsiano, mas também dependiam profissional e financeiramente de Clements. Na maioria dos casos, esses “pesquisadores” não tinham status independente dentro da *Carnegie Institution*. (Hagen, 1993, p. 183)

Hagen acrescentou:

Embora o grupo de pesquisa que Clements reuniu fosse bastante produtivo, seus subordinados achavam difícil desenvolver linhas de pesquisa independentes. Clements pode ter sido um ditador benevolente, muito admirado por seus ex-alunos e colegas de trabalho, mas, mesmo assim, ele era um ditador. (Hagen, 2008, p. 153)

De acordo com Hagen, John E. Weaver (1884-1966) foi o aluno mais bem-sucedido de Clements. Como até então seus membros tinham trabalhado em projetos criados por Clements e Weaver queria ter uma independência nesse sentido, ele declinou o convite para ser pesquisador em tempo integral no Laboratório Alpino. Desse modo, pode manter alguma autonomia, sua posição de professor na Universidade de Nebraska e continuar colaborando e publicando com Clements. (Hagen, 2008, p. 153).

Dentro de uma das linhas a que se dedicava, a taxonomia experimental⁷, Clements contratou o botânico taxonomista Harvey Monroe Hall (1874-1932), para ajudá-lo a desenvolver um novo programa em taxonomia. Assim como Weaver, Hall também resistiu a trabalhar diretamente com Clements no Laboratório Alpino, preferindo continuar seu trabalho perto de Berkeley, onde havia sido professor na Universidade da Califórnia. (Hagen, 2008, p. 153). Juntos, Clements e Hall escreveram *The phylogenetic method in taxonomy: the North American species of Artemisia, Chrysothamus, and Atriplex* (1923).

Para Clements, a ecologia era sobretudo um assunto botânico, focada em comunidades "naturais" de organismos e que poderiam ser estudadas sem referência à atividade humana. Acreditava também que a taxonomia experimental deveria fazer parte da ecologia, com foco na conversão experimental de uma espécie de planta em outra. Clements estava motivado a buscar na ecologia uma maneira de lidar com as principais transformações da paisagem e na aplicação do conhecimento ecológico às práticas de gestão da terra (Kingsland, 2005, p. 131; Hagen, 2008, p. 153).

Segundo Hagen, o caso da taxonomia experimental é um bom exemplo, pois ilustra os desafios que Clements enfrentou ao obter e manter apoio financeiro para sua pesquisa. Inicialmente, a *Carnegie Institution* considerou a abordagem de Clements à taxonomia experimental inovadora e relevante, mas o entusiasmo pela fundamentação teórica desse trabalho diminuiu ao longo dos anos 1930. (Hagen, 2008, p. 153).

Além disso, as relações de Clements na *Carnegie Institution* nem sempre foram tranquilas. A documentação presente nos arquivos dessa instituição atesta a existência de divergências entre Clements e o botânico Herman A. Spoehr (1885-1954), então presidente da Divisão de Biologia Vegetal do Carnegie e responsável por controlar o orçamento e o pessoal dos laboratórios. Spoehr considerava que os experimentos desenvolvidos no laboratório de Clements eram fracos sob o ponto de vista metodológico. Tentou dispensar a melhor pesquisadora experimental, Frances Louise Long, alegando que, como mulher, ela deveria se dedicar às relações humanas, não às ciências. Ao efetuar cortes no orçamento, Spoehr conseguiu afastar alguns cientistas que trabalhavam com Clements e que ele considerava "inferiores". Esses cientistas trabalhavam com Clements. Long, por exemplo, conseguiu manter sua posição, mas outros colegas como Glenn W. Goldsmith, outro membro do grupo de pesquisa clementsiano, foi forçado a se demitir. (Hagen, 1993, p. 187; Oberg, 2019, p. 6)

Foi justamente a época em que houve um agravamento das condições da saúde de

⁷Essa linha utilizava métodos ecológicos e experimentos com transplantes para investigar os processos evolutivos e aprimorar a classificação das plantas.

Frederic que incluíam um quadro de diabetes combinado com um distúrbio de hiperadrenalina.

Em 1929, Edith escreveu uma carta em caráter confidencial ao diretor da *Carnegie*, John Merriam, colocando-o a par das condições diagnosticadas pelo médico de Frederic, pois ele não estava respondendo à insulina e o hiperadrenalismo foi agravado pelos sintomas de depressão e ansiedade. Juntamente com o médico de Clements, William F. Sansum, Edith elaborou um regime alimentar e planejou atividades que evitassem momentos estressantes e a consequente produção de adrenalina. (Oberg, 2019, p. 6).

No começo da década de 1930, Clements enfrentou um grande desafio. Logo após a Grande Depressão, o país foi afetado por grandes tempestades de poeira e extrema seca. No início do *Dust Bowl*⁸ (figura 9), o governo norte-americano procurou sua ajuda e conhecimento para salvar as pradarias. Clements orientou de forma categórica o Serviço Florestal dos EUA e o Serviço de Erosão do Solo (mais tarde renomeado Serviço de Conservação do Solo) em iniciativas para proteger a terra, o que lhe rendeu a “eterna gratidão de uma geração de cientistas do solo, fazendeiros da área e silvicultores.” (Oberg, 2019, p. 6).

Fig. 9. Frederic Clements em uma das regiões afetadas pelo *Dust Bowl*.

Fonte: CLEMENTS, Edith. S. *Adventures in ecology: half a million miles: from mud to Macadam*. New York: Pageant Press. Inc., p. 232, 1960.

⁸ *Dust Bowl*: Foi um período de severas tempestades de poeira que atingiram as pradarias americanas no início da década de 1930. Após anos de supercultivo e má gestão fundiária na década de 1920, a região sofreu uma seca severa no início da década de 1930 que durou vários anos. A erosão causada pelo vento foi impedida graças ao auxílio do governo federal. Foram plantadas árvores para servirem de quebra-vento e protegerem o solo e as plantações, e muito das pradarias foram restauradas. No começo da década de 40 a área estava amplamente recuperada. Disponível em: <<https://www.britannica.com/place/Dust-Bowl>>. Acesso: Acesso em: 10 Jan. 2020

Frederic se aposentou do *Carnegie* em 1941, aos 66 anos. Faleceu em Santa Barbara, Califórnia, em 26 de julho de 1945. (White & Derby, 1948, p. 267).

Segundo Oberg, Paul Bigelow Sears (1891-1990), ecólogo e escritor norte-americano da Universidade de Yale, e que estudou e ensinou em Nebraska, tentou escrever na época uma biografia sobre Frederic para uma enciclopédia e Edith se recusou a dar esclarecimentos sobre o que teria causado morte de seu marido. Contudo, pelos registros do hospital, Sears descobriu que Clements faleceu devido à insuficiência renal. O casal Clements considerava que o conhecimento público das condições de saúde de Frederic (que foram se agravando nos últimos vinte anos) poderiam constituir uma ameaça ao seu trabalho e até ao seu legado. (Oberg, 2019, p. 8).

1.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Pode-se dizer que as contribuições de Clements⁹ para a ecologia estão relacionadas à vertente da botânica. Sua formação e contato com pesquisadores conceituados como Bessey e Pound, assim como algumas funções que exerceu descritas neste capítulo permitiram que ele pudesse observar as formações vegetais de Nebraska e oeste dos Estados Unidos, Montanhas Rochosas, em vários momentos, ao longo de muitos anos. Além disso, ele pôde desenvolver experimentos no Laboratório Alpino. Desde 1899 contou com a ajuda de sua esposa. Tudo isso o levou a propor determinados conceitos amplos que ele acreditava serem de aplicação universal, inclusive o conceito de clímax, que abordaremos no próximo capítulo.

Clements seguia concepção de ciência aceita na época, pois considerava importante que o ecólogo utilizasse no campo técnicas quantitativas exatas e métodos experimentais rigorosos de modo análogo ao que acontecia no laboratório de fisiologia.

Durante sua carreira Clements formou uma escola com vários pesquisadores que foram seus estudantes, orientandos, colaboradores, mas eles seguiam estritamente os padrões por ele determinados. A *Carnegie Institution* forneceu a ele recursos financeiros e institucionais indisponíveis para a maioria dos outros ecólogos do período.

⁹ Além das quatro obras Clements analisadas nessa dissertação, Clements publicou outros trabalhos como: *Greek and Latin biological nomenclature* (1903); *Plant physiology and ecology* (1907); *Plant indicators: the relation of plant communities to process and practice* (1920); “The relict method in dynamic ecology” (1934); *Environment and life in the great plains* (1936), em coautoria com Ralph W. Chaney; *Bio-ecology* (1939) em coautoria com Victor E. Shelford.

Os relatos sobre a personalidade de Clements trazem informações por vezes conflitantes. Alguns deles o retratam como uma pessoa muitas vezes indiferente, as vezes arrogante e inflexível em suas visões científicas. Ao mesmo tempo, um professor inspirador e um “ditador” muito bem quisto por aqueles que orientou e que integravam seu grupo. Embora seu trabalho fosse respeitado de um modo geral, durante a década de 1920 na *Carnegie Institution* se deparou com críticos. Abstinha-se do tabaco e álcool, mas era tão obcecado por sua pesquisa que, as vezes se esquecia de comer ou dormir, o que algumas vezes ocasionava alucinações. (Clements, E., 1960, p. 226).

CAPÍTULO 2

CLEMENTS E O CONCEITO DE CLÍMAX

Este capítulo discutirá sobre o percurso que levou à proposta do conceito de clímax por Frederic Edward Clements (1874-1945) no período compreendido entre 1904 e 1936. Procurará detectar como ele fundamentou suas ideias e se houve alguma mudança significativa nos quatro trabalhos publicados no período. Porém, para um melhor entendimento das concepções deste cientista serão considerados outros conceitos por ele admitidos que se relacionam com o clímax.

2.1 AS CONCEPÇÕES INICIAIS DE CLEMENTS

Como mencionado anteriormente nesta dissertação, Clements era um botânico. Ele investigou a formação de pastagens e florestas de Nebraska e a vegetação das Montanhas Rochosas, no Colorado (Clements, 1904). Desde 1897 tinha interesse em elucidar “a filogenia e estrutura da vegetação” e também sua classificação (Clements, 1904, p. 5). Clements comentou que alguns conceitos como associação, invasão e zonação, eram reconhecidos há muito tempo, mas nenhuma consideração sistemática tinha sido organizada até então, bem como o princípio de sucessão que era mais recente e menos estudado, sobre os quais discutiremos mais abaixo.

Para Clements, a vegetação é uma entidade, cujas mudanças e estrutura estão de acordo com certos princípios básicos (Clements, 1904, p. 5). Em suas palavras:

Esta concepção ficará mais clara se considerarmos a vegetação com uma entidade. As mudanças e estrutura estão de acordo com certos princípios basais. Na maioria das vezes, da mesma maneira que as funções e estruturas da planta correspondem a leis definidas. Mas, os fenômenos fundamentais das plantas como indivíduos e das plantas unidas no complexo da vegetação correspondem a diferentes conceitos. (Clements, 1904, p. 5)

Conforme Clements, a vegetação apresenta alguns fenômenos peculiares e é dotada de um dinamismo, porém com tendência a tornar-se estática. Os fenômenos consistem em

“manifestações de mudança, nas quais cada estágio é menos dinâmico e proporcionalmente mais estático” (Clements, 1904, p. 6). E acrescentou:

Os fatores físicos e biológicos que constituem um habitat são tão diversos e apresentam uma interação tão complicada que a estase completa nunca é atingida, embora a floresta e a pastagem às vezes aproximem-se dessa condição. Mesmo em tais formações, no entanto, as fácies¹⁰ sozinhas são estáticas, as espécies subordinadas estão em constante reajuste para intensificar as condições lentamente. Além disso, em todas as formações, se elas atingiram um grau de *estase* por mudanças progressivas ou não, ainda há um ritmo sazonal de surgimento, reprodução e decadência, que permanece sempre e essencialmente dinâmica. (Clements, 1904, p. 6)

Como fenômenos essenciais relacionados à vegetação Clements mencionou a associação, a invasão, a sucessão, a zonação e a alternância. (Clements, 1904, p. 6). A associação representa “o estágio que a vegetação atingiu pelas mudanças cumulativas do passado. Invasão e sucessão “são forças dinâmicas que atuam modificando os fatos presentes da associação. Iniciam-se devido a fatores físicos e são aprimoradas pela interação de fatores físicos e biológicos”. (Clements, 1904, p. 6). E zonação e alternância, “são fenômenos estáticos, característicos do revestimento vegetativo”. (Clements, 1904, p. 7).

Sobre a associação, Clements comentou:

A associação compreende a ideia da relação das plantas com o solo, assim como a das plantas entre si. É sinônimo de vegetação somente quando as duas relações estão representadas, pois pode haver associação como a de um parasita com seu hospedeiro, que não constitui vegetação. (Clements, 1904, p. 9)

Clements percebeu que o grau e a permanência da associação eram determinados pela imobilidade dos indivíduos, dependendo do sucesso na dispersão de sementes ou esporos. (Clements, 1904, p 10). Ele assim definiu a associação:

Um agrupamento de indivíduos de plantas, de progenitores e progenitoras, que é iniciado pela reprodução e imobilidade, e determinado pelo ambiente. É uma resultante de diferenças e semelhanças. Em consequência, a associação em sua maior expressão, a vegetação, é

¹⁰ Atualmente, uma fácies é definida por um conjunto particular de rochas com determinadas características distintivas, quer litológicas, quer paleontológicas (fósseis), considerando qualquer aspecto de sua composição química ou mineralógica, morfológico, de estrutura ou textura (forma, o tamanho, a disposição dos seus grãos e a sua composição de minerais) que ajude a conhecer onde e quando se formou a rocha. (Tucker, 2014, p. 275)

essencialmente heterogênea, enquanto naquelas áreas que possuem delimitação física ou biológica, habitats e centros de vegetação, é relativamente homogênea. (Clements, 1904, p 11)

Dependendo do fator físico dominante poderia haver vários tipos de associação relacionados ao substrato, ao solo (ocupação), à migração, à luz e ao teor de água. (Clements, 1904, p. 14). Porém, Clements se referiu a dois tipos de associação: aberta e fechada. Em relação à associação aberta, ele explicou:

O solo é ligeiramente ou parcialmente ocupado, permitindo prontamente a entrada de novas plantas sem o deslocamento das que já estão presentes. Tal arranjo é produzindo formações abertas instáveis e que surgem, geralmente, após o desnudamento, montes de areia, rupturas, lâminas de cascalho, dunas, planícies aluviais, áreas queimadas, etc. (Clements, 1904, p. 17)

Já na associação fechada:

A ocupação do solo é completa, e a invasão de novas espécies pode ocorrer apenas por deslocamento e resulta em formações estáveis e fechadas, como floresta, matagal, prado e pradaria. As causas que levam à associação aberta e fechada estão intimamente ligadas ao desenvolvimento e serão consideradas sob invasão e sucessão. (Clements, 1904, p. 17)

Clements concordava com a explicação para invasão oferecida por Edmund Goeze (1838-1929): “o movimento das plantas de uma área com certas características para outra com características diferentes, e sua colonização na última” (Goeze, 1882, *apud* Clements, 1904, p.32). Este movimento poderia envolver um indivíduo, uma espécie ou um grupo de espécies. (Clements, 1904, p 32). E acrescentou:

A invasão geralmente atua entre formações contíguas, e entre zonas de formação e manchas. Mais raramente e menos visivelmente, pode haver invasão em uma vegetação remota, como resultado de longas viagens de vento, água, pássaros, ferrovias ou embarcações. O movimento ou migração, no entanto, representa apenas uma das duas ideias envolvidas na invasão. A migração simplesmente transporta o esporo, semente ou propágulo para a área a ser invadida. (Clements, 1904, p 32)

Para Clements, a migração poderia envolver mobilidade, agência, proximidade e topografia. Porém, nem sempre todas essas características estariam presentes (Clements, 1904,

p 32). Introduziu também o termo (1904, p 32) “ecese”. Geralmente a ecese consistia em três processos essenciais: germinação, crescimento e reprodução (1904, p 32). Clements se referiu também às barreiras físicas¹¹ ou biológicas¹², que seriam restrições ou impeditivos da invasão (Clements, 1904, p. 57).

Ele comentou sobre as dificuldades para determinar o histórico da sucessão e se referiu a Isaac J. Biberg¹³ (1749) como pioneiro na utilização do termo. Acrescentou que no período que antecedeu à década de 1880, havia poucos registros sobre o assunto e os autores que trabalhavam com a silvicultura não relacionavam a sucessão com a fitogeografia. (Clements, 1904, p 91). Mencionou também o estudo sistemático de Ragnar Hult¹⁴ na década de 1880 que admitia que a maioria das formações consistia apenas em estágios transitórios. Referiu-se ainda às contribuições de Eugenius Warming (1895) para o assunto.

Durante o processo de sucessão ocorreria uma série de invasões. Porém, era importante, distinguir sucessão e invasão, pois, enquanto uma é o resultado da outra, nem toda invasão produz sucessão. (Clements, 1904, p 105). Clements também se referiu à sucessão geológica.

Em relação às causas da sucessão, ele explicou:

As principais causas da sucessão são invasão e reação, mas as causas iniciais de uma determinada sucessão deve ser buscadas nos distúrbios físicos ou biológicos de um habitat ou formação. Com referência à causa inicial, podemos distinguir a *sucessão normal*, que começa com a nudação, e termina em estabilização e *sucessão anômala*, na qual as fâcies de um estágio final de uma sucessão normal são substituídas por outras espécies, ou nas quais a direção de movimento é radicalmente alterada. O primeiro é de ocorrência e recorrência universal; o último atua sobre relativamente poucas formações finais. Na origem da sucessão normal, a nudação pode ser provocada pela produção de novos solos ou habitats, ou pela destruição da formação que já ocupa um habitat. (Clements, 1904, p 107)

Para estudar a sucessão era necessário analisar quantitativamente os fatores físicos dos estágios iniciais, e as reações produzidas nas etapas subsequentes (Clements, 1904, p. 139). Ele explicou:

¹¹ Oceanos, rios, montanhas, desertos.

¹² Vegetação, homem e animais e parasitas de plantas.

¹³ Biberg tratou das mudanças de vegetação nas rochas, de maneira geral, desde os líquens iniciais até a floresta. (Clements, 1904, p 91).

¹⁴ Hult, R. Försök till analytisk behandling af formationerna *Medd. Soe. Fenn.* 8 1881.

Essa investigação deve ser feita por instrumentos automáticos de umidade, luz, temperatura e vento, para que um registro contínuo possa ser obtido. O teor de água e as leituras de precipitação são tomadas diariamente ou com menor frequência, enquanto as propriedades do solo e os fatores fisiográficos, altitude, declividade, superfície e exposição são determinadas de uma vez por todas. É igualmente necessário determinar o desenvolvimento e a estrutura de cada estágio, com referência particular às formações adjacentes, ao estágio que acaba de ser precedido e ao que se segue. (Clements, 1904, pp. 139-140)

As zonas de vegetação surgem a partir das diferenças de temperatura, água e luz. (Clements, 1904, p 153).

Segundo Clements, a “alternação” é um fenômeno da vegetação, no qual “uma formação ocorre em diferentes lugares em uma região, ou uma espécie como pontos separados em uma formação” (Clements, 1904, p 163). Envolve a alternância de diferentes espécies ou formações entre si e a alternância da mesma espécie ou formação em situações semelhantes. (Clements, 1904, p 171). A alternação pode fornecer dados para o estudo da fitogeografia. (Clements, 1904, p 174).

Inicialmente Clements (1904) se preocupou em explicar o que entendia por vegetação. Referiu-se a vários termos que já tinham sido mencionados por outros autores, procurando discuti-los com maior profundidade. Além disso, introduziu outros. Dentre eles, destacam-se associação, invasão, migração, ecese, barreira, sucessão, alternância, por exemplo. Porém, neste trabalho não utilizou o termo “clímax” e nem se referiu à sua conotação.

2.2 A PROPOSTA DE UM “MANUAL” DE ECOLOGIA

Um ano depois de ter publicado o trabalho a que nos referimos na seção anterior, Clements publicou como resultado de seus estudos nos últimos oito anos um trabalho que pode ser considerado um manual para pesquisadores e estudantes de ecologia (Clements, 1905). Ele analisou as unidades de formação de forma minuciosa e propôs os termos sociedade¹⁵, comunidade, família e *consociés*¹⁶. Seu principal objetivo era determinar as diferenças entre os dois ou mais habitats.

Pode-se dizer que ele introduziu em seus estudos nas Montanhas Rochosas do Colorado

¹⁵ De acordo com Clements, o termo “sociedade” foi adotado por Arthur George Tansley (1911), e também foi utilizado por muitos ecólogos britânicos, onde eles também empregavam o termo “comunidade” para se referir a toda e qualquer unidade desde a formação até a família. (Clements, 1916, pp. 125-126).

¹⁶ Atualmente é um termo pouco utilizado. Foi proposto em substituição ao termo associação.

uma nova linha de pesquisa. Esta envolvia a aplicação de métodos experimentais para o estudo da vegetação com o controle das plantas sob diferentes situações de água, umidade e luz.

Clements (1905) empregou diversos termos e conceitos que já tinham aparecido no estudo anterior (Clements, 1904), porém deu mais detalhes sobre eles. Além disso, propôs a utilização de instrumentos que procuravam conferir uma maior precisão aos estudos ecológicos. Apresentou também um panorama das investigações que estavam acontecendo na época ou mesmo anteriormente. Ele estava preocupado em conferir uma identidade aos estudos ecológicos, sistematizando-os e delimitando sua metodologia. A seu ver, a tarefa da ecologia consistia em “descobrir o que a planta e a formação viva estavam fazendo e suas respostas a complexos fatores e habitats”. Enfatizou que o ecólogo deveria “antes de tudo ser um botânico e não um mero catalogador de plantas” sugerindo o treinamento e a utilização de métodos especiais para a pesquisa ecológica. (Clements, 1905, p 6).

Procurando estabelecer as bases para a pesquisa ecológica, Clements considerou necessário examinar todo campo de estudo e concluiu que a relação entre o habitat e a planta deveria preceder a todas as outras relações ecológicas (Clements, 1905, p 17). Ele assim definiu habitat:

O habitat é a somatória de todas as forças ou fatores presentes em uma determinada área. É o equivalente exato do meio ambiente [...]. Como conceito ecológico, o habitat se refere a uma área com características bem definidas, e mais nitidamente limitada em extensão do que o habitat de espécies como indicado nos manuais. Como o estudo cuidadoso dos habitats mal começou, é impossível reconhecê-los e delimitá-los em um sentido absoluto. Os limites topográficos visíveis geralmente existem, mas em muitos casos o limite, embora real, não é percebido prontamente. (Clements, 1905, p 18)

Relacionou ao habitat os seguintes fatores: teor de água, umidade, luz, temperatura, solo, vento, precipitação, pressão, altitude, exposição, declividade, superfície (cobertura) e animais. Embora todos esses fatores, não estivessem sempre presentes, geralmente podiam ser encontrados em cada habitat. (Clements, 1905, p 18).

Para esse estudo sistematizado, Clements enfatizou que era necessário utilizar instrumentos que propiciassem informações precisas e de uma metodologia para os estudos ecológicos. Em suas palavras:

O emprego de instrumentos de precisão é claramente indispensável para a tarefa que definimos para a ecologia, e todo estudante que pretenda se aprofundar no assunto, e contribuir de modo significativo, deve se familiarizar com métodos e instrumentos. (Clements, 1905, p. 20)

Para o estudo do habitat Clements além da utilização de instrumentos apropriados e propôs dois métodos (Clements, 1905, p. 22). O primeiro (método de instrumentos simples) havia sido planejado especialmente para o trabalho em sala de aula, podendo ser usado somente quando um número de alunos treinados estivesse disponível. Os instrumentos com padrão de precisão deveriam ser lidos pelo observador no momento. Sua desvantagem era exigir um observador para cada instrumento (Clements, 1905, p. 22). O segundo método utilizava instrumentos automáticos o que permitia que o pesquisador trabalhasse em habitats diferentes já que não precisava estar ao lado do instrumento o tempo todo. Esse método tinha a vantagem de oferecer registros simultâneos contínuos por longos períodos. Sua desvantagem era o custo elevado de algumas peças (Clements, 1905, p. 23). Logo, tornou-se possível combinar os dois métodos.

2.2.1. OS INSTRUMENTOS

Ao conceber e selecionar instrumentos para a investigação de fatores físicos, Clements deu ênfase primeiramente à precisão pois priorizava aqueles que proporcionassem leituras detalhadas e explicou minuciosamente o seu manuseio. Ele esperava que os métodos descritos “permitissem que os pesquisadores mais avançados realizassem um trabalho minucioso, e que visse o quanto eram fundamentais para que planejassem um trabalho ecológico sério”. (Clements, 1905, p. 24).

Dentre os vários instrumentos utilizados por Clements em suas investigações, podemos mencionar o *geotome*, a balança portátil, o psicrômetro de *sling*, o fotômetro, o medidor de chuva e o barômetro aneróide.

O *geotome*¹⁷ (figura 10) é constituído por um tubo de ferro robusto com uma aresta de corte afiada em uma extremidade com uma alça firmemente presa na outra, de comprimento variável. Sua função é determinar a localização da superfície da raiz ativa da planta. (Clements, 1905, p. 25).

¹⁷ Este e outros instrumentos estão sendo mencionados conforme a apresentado por Clements. Não encontramos os nomes correspondentes na língua portuguesa.

Fig. 10: Geotome. **Fonte:** Clements, Frederic Edward.

Research methods in ecology. Lincoln: University of Nebraska Press, 1905. p. 25.

As balanças portáteis (figura 11) servem para determinar a variação do solo com precisão. (Clements, 1905, p. 27).

Fig. 11: Balança. **Fonte:** Clements, Frederic Edward.

Research methods in ecology. Lincoln: University of Nebraska Press, 1905. p. 27

O psicrômetro de *sling* (figura 12) consiste em uma armação de metal à qual estão firmemente ligados dois termômetros padronizados com precisão. Mede a quantidade de vapor

de água encontrada no ar (Clements, 1905, p. 38-39).

Fig. 12: Psicrômetro *sling*. **Fonte:** Clements, Frederic Edward. *Research methods in ecology*. Lincoln: University of Nebraska Press, 1905. p.38.

O fotômetro (figura 13) consiste em uma caixa de metal à prova de luz com uma roda central sobre a qual é fixada uma tira de papel fotográfico. Serve para medir a intensidade de uma fonte luminosa (Clements, 1905, p 49).

Fig. 13: Fotômetro. **Fonte:** Clements, Frederic Edward.

Research methods in ecology. Lincoln: University of Nebraska Press, 1905. p. 49

O medidor de chuva (figura 14) consiste em um recipiente cilíndrico com um receptor

em forma de funil no topo, com cerca de 8 polegadas de diâmetro. O receptor se encaixa em um vaso de bronze mais estreito ou tubo de medição em que a chuva se acumula (Clements, 1905, pp. 73-74).

Fig. 14: Medidor de chuva. **Fonte:** Clements, Frederic Edward.

Research methods in ecology. Lincoln: University of Nebraska Press, 1905. p. 73.

O barômetro aneroide (figura 15) é um medidor de pressão. Porém, devia ser utilizado juntamente com barômetro de mercúrio, pois devia ser padronizado constantemente pelo barômetro de mercúrio (Clements, 1905, p 82).

Fig. 15: Barômetro aneroide. **Fonte:** Clements, Frederic Edward.

Research methods in ecology. Lincoln: University of Nebraska Press, 1905. p. 82.

De acordo com Clements, ao estudar o processo de formação, o pesquisador deveria levar em conta tanto o desenvolvimento como a estrutura da vegetação (Clements, 1905, p.199). Em suas palavras:

A formação das plantas é uma unidade orgânica. Ela exhibe atividades ou mudanças que resultam em desenvolvimento, estrutura e reprodução. Essas mudanças são progressivas, ou periódicas e, em algum grau, rítmicas, e não pode haver objeção a considerá-las como funções da vegetação. Segundo esse ponto de vista, a formação é um *organismo complexo*, que possui funções e estrutura, e passa por um ciclo de desenvolvimento semelhante ao da planta. Este conceito pode parecer estranho a princípio, devido ao fato de que o entendimento comum de função e estrutura é baseado apenas na planta individual. Como a formação, como a planta, está sujeita a mudanças causadas pelo habitat, e como essas mudanças são registradas em sua estrutura, é evidente que os termos, função e estrutura são tão aplicáveis a um quanto ao outro. (Clements, 1905, p. 199)

Na citação acima aparece a ideia da formação como um organismo complexo, mais tarde desenvolvida nos outros trabalhos de Clements.

Clements se referiu aos diferentes fenômenos envolvidos no processo de formação: associação, invasão e sucessão migração e competição (Clements, 1905, p. 199). Ele explicou o que entendia por associação:

A associação pode então ser definida como um agrupamento de indivíduos [proveniente] de progenitores, iniciado pela reprodução e imobilidade, e determinado pelo ambiente. É uma resultante de diferenças e semelhanças. Em consequência, a associação em sua maior expressão, a vegetação, é essencialmente heterogênea, mas nas áreas que possuem delimitação física ou biológica, é relativamente homogênea. (Clements, 1905, p. 202)

Clements diferenciou agregação e associação:

O ato ou processo de agrupamento de indivíduos é denominado agregação, enquanto a associação de palavras é restrita à condição ou estado de estar agrupado. Em uma palavra, agregação é funcional, associação é estrutural; um é o resultado do outro. Essa distinção deixa clara a diferença entre associação no sentido ativo e passivo, e cai na necessidade de manter a função e a estrutura em primeiro plano. (Clements, 1905, p. 201)

Nesse segundo trabalho, Clements (1905) retomou alguns termos (associação, invasão, migração, ecese, barreira, sucessão, alternância) apresentados no artigo anterior (Clements, 1904) bem como sua conotação. Também insistiu que, para o estudo experimental da formação como um organismo complexo, era necessária uma metodologia própria, não bastando apenas a observação (Clements, 1905, p. 306). Esclareceu que o habitat era uma área física definida e caracterizada por uma formação e enfatizou a necessidade do uso de instrumentos que propiciassem informações precisas e de uma metodologia para o estudo da ecologia, além da observação. No entanto nesse trabalho também não apareceu o termo clímax e nem foi feita referência à sua conotação.

2.3 SUCESSÃO ECOLÓGICA E CLÍMAX

Após ter realizado os estudos anteriores (Clements, 1904; Clements, 1905) e de ter feito testes na vegetação que se estende das grandes planícies da costa do Pacífico e das Montanhas Rochosas canadenses à fronteira mexicana de 1913 a 1914, Clements chegou à conclusão que suas concepções originais tinham aplicação universal (Clements, 1916, Prefácio).

Como em seus outros trabalhos, Clements deu crédito às contribuições de outros autores. Por exemplo, se referiu ao trabalho sobre o desenvolvimento da vegetação feito anteriormente por Hult¹⁸, em 1885, após o qual os estudos de sucessão se tornaram mais frequentes. A seu ver, Hult reconheceu integralmente a base fundamental do desenvolvimento na vegetação e estabeleceu alguns dos princípios gerais que deveriam nortear o estudo do desenvolvimento da vegetação deveria ser baseado, além de ter sido o primeiro a entender o significado do clímax. Clements escreveu que pertence a Hult “o grande crédito de ser o primeiro a reconhecer plenamente a importância fundamental desenvolvimento da vegetação e fazer um estudo sistemático de uma região com base nisso.” (Clements 1916, p. 22).

Clements explicou o que entendia por sucessão. Em suas palavras: “Sucessão é o processo universal de desenvolvimento da formação que se repete sempre que surgirem condições adequadas”. (Clements, 1916, p. 3).

De modo análogo ao processo de formação de um organismo, a vegetação surge, cresce, amadurece e morre, sendo capaz de se reproduzir, repetindo fielmente os estágios de seu desenvolvimento. (Clements, 1916, p. 3). Em suas palavras: “Sucessão é o crescimento ou desenvolvimento e a reprodução de um organismo complexo”. (Clements, 1916, pp. 3-4).

¹⁸ Não consultamos esse trabalho, mas julgamos útil apresentá-la ao leitor: HULT, Ragnar. *Blekinges vegetation: ett bidrag till växtformationernas utvecklingshistoria*. 1885.

Novamente aparece a ideia de organismo complexo.

Porém, para o entendimento desse processo em sua totalidade era necessário conhecer o panorama em que se dá. Em primeiro lugar, era preciso levar em conta as forças que atuam no início da sucessão e as reações que a mantêm (processos ou funções responsáveis que caracterizam o desenvolvimento e as estruturas, comunidades, zonas, alternâncias e camadas resultantes). As principais características da sucessão são: a oscilação das populações e as ondas de invasão no habitat, desde o estágio inicial até o clímax. (Clements, 1916, pp. 3-4).

Ao tratar da sucessão Clements introduziu uma nova terminologia. Por exemplo, utilizou o termo “sere” para se referir a uma unidade de sucessão. Ele explicou que o sere “compreende o desenvolvimento de uma formação desde surgimento dos primeiros pioneiros até o estágio final ou clímax. Seu curso normal é da nudação à estabilização.” (Clements, 1916, p. 4).

Foi nesse momento que Clements introduziu o termo “clímax” como estágio final da sucessão ou sere. Ele explicou que uma sucessão de unidades ou sere pode ocorrer duas ou mais vezes no mesmo local. Um exemplo disso seriam as queimadas na floresta. (Clements, 1916, p. 4). E acrescentou um novo termo (“cosere” ou “consere”) na explicação que se segue:

Uma série de sucessões de unidades, i. e., de seres, no mesmo local constitui uma entidade orgânica. Para isso, é proposto o termo consere ou cosere, em reconhecimento ao vínculo de desenvolvimento de dois seres individuais. Assim, enquanto o sere é a unidade de desenvolvimento e é puramente ontogenética, o cosere é a soma de tais unidades ao longo de toda a história de vida da formação do clímax e, portanto, é filogenético em algum grau. (Clements, 1916, p. 4)

O clímax envolve vários processos ou funções essenciais, devendo progredir de um estágio para outro e, finalmente, terminar no mais alto estágio possível, sob as condições climáticas presentes e sendo analisada em iniciação, seleção, continuação e terminação. Clements destacou as funções da vegetação e seus processos básicos que ocorrem seguindo esta ordem: nudação, migração, ecese, competição, reação, estabilização. (Clements, 1916, p. 4).

Clements concluiu que não poderia haver uma única causa para uma determinada sere já que a sucessão envolve uma série de processos complexos (Clements, 1916, p. 4). O desenvolvimento da sucessão dependeria mais da natureza do clímax climático do que de qualquer outra coisa, pois isso “determinava a população do começo ao fim, a direção do

desenvolvimento, o número e o tipo de etapas, as reações dos estágios sucessivos, etc.” (Clements, 1916, p. 5). Clements explicou:

As causas iniciais são aquelas que produzem um solo novo ou desnudo, passível de invasão. Tais são os principais processos fisiográficos, deposição e erosão, fatores bióticos como homem e animais, e forças climáticas em algum grau. As *causas da ecese* são aquelas que produzem o caráter essencial do desenvolvimento vegetacional, ou seja, as sucessivas ondas de invasão que levam a um clímax final. Eles têm a ver com a interação entre população e habitat, e são diretivas no mais alto grau. Os principais processos envolvidos são invasão e reação. O primeiro inclui três processos intimamente relacionados, migração, competição e ecese. O último é final e crítico [...] (Clements, 1916, p. 5)

Segundo Clements, durante a formação do clímax, é geralmente produzido um número maior de áreas de desenvolvimento. A fisiografia depende do clima que, por sua vez, é determinado pelas suas características como barreiras de montanhas ou correntes oceânicas. Assim, a fisiografia pode ser considerada a causa inicial imediata da maioria das sucessões primárias (Clements, 1916, pp. 5-6).

A sucessão é determinada pela interação de três fatores (habitat, formas de vida e espécies). Clements deu mais detalhes sobre a sucessão:

A sucessão deve então ser considerada como o desenvolvimento ou a história da vida da formação do clímax. É o processo orgânico básico da vegetação, que resulta na forma adulta ou final desse organismo complexo. (Clements, 1916, p 6)

Para Clements, todas as etapas que precedem o clímax são fases de crescimento. Além disso, assim como a planta adulta repete seu desenvolvimento, isto é, se reproduz, sempre que as condições o permitirem, a formação do clímax também se repete. (Clements, 1916, p 6). A chave para o desenvolvimento, tanto no indivíduo quanto na comunidade, é a ação, já que a sucessão é predominantemente um processo cujo progresso é expresso em certas estruturas ou estágios iniciais e intermediários, e por fim registrado na estrutura da formação do clímax. (Clements, 1916, p 7).

As seres surgem apenas em áreas descobertas ou naquelas em que a população original foi destruída. Clements ainda acrescentou:

Há uma lei universal que todos os lugares vazios dão origem a novas comunidades, exceto aquelas que apresentam as condições mais extremas de água, temperatura, umidade ou solo. (Clements, 1916, p 33)

As causas que determinam o desenvolvimento da vegetação são: fisiográficas¹⁹, climáticas, edáficas e bióticas. (Clements, 1916, p 36).

Clements deu mais detalhes sobre o desenvolvimento do clímax atuando na vegetação. Para Clements (1916, p 98), a invasão progressiva, típica da sucessão, resulta em estabilização. Clements explicou no que consistia a estabilização:

É o resultado de uma maior ocupação devido à agregação e migração e do controle resultante do habitat pela população. Em outras palavras, a estabilização é o aumento do domínio, culminando em um clímax estável. É a interação mútua e progressiva do habitat e da comunidade, pela qual condições extremas resultam em condições climáticas ótimas e formas de vida com menos requisitos são substituídas por aquelas que fazem as maiores demandas, pelo menos em conjunto. A estabilização é tão universal e característica que pode muito bem ser vista como sinônimo de sucessão. Tem a vantagem de sugerir o estágio adulto final do desenvolvimento, enquanto a sucessão enfatiza o movimento mais marcante dos próprios estágios. (Clements, 1916, p 98)

E acrescentou:

O fim do processo de estabilização é um *clímax*. Cada estágio da sucessão desempenha algum papel na redução da condição extrema em que o sere começou. Reage para produzir crescentemente melhores condições de crescimento, ou pelo menos condições favoráveis ao crescimento de uma gama mais ampla de espécies. (Clements, 1916, p. 98)

Mais para a frente ele explicou:

A formação do clímax é o organismo adulto, a comunidade plenamente desenvolvida, da qual todos os estágios iniciais e mediais são apenas estágios de desenvolvimento. A sucessão é o processo de reprodução de uma formação, e este processo reprodutivo não pode deixar de

¹⁹ Clements considerava a fisiografia e topografia sinônimos.

terminar na forma adulta na vegetação do que no caso da planta individual. (Clements, 1916, pp. 124-125)

De acordo com Clements, já que não há um padrão em relação ao período de duração do clímax, só é possível reconhecer todo o processo após um exame minucioso. Nesse sentido, ele sugeriu:

O teste de desenvolvimento se faz especialmente necessário nos estágios do clímax, i. e., aqueles em que os dominantes pertencem às mesmas formas de vida que o clímax dominante. Não é meramente indispensável traçar e refazer o curso da sucessão em uma determinada localidade. É também imperativo acompanhar o desenvolvimento em todas as partes da região climática onde ocorram dominantes similares àquele que supostamente seria o clímax. Não há campo na ecologia onde seja tão necessário empregar métodos intensivos e extensivos para garantir resultados permanentes. A razão para isso é óbvia quando é plenamente reconhecido que a formação do clímax é a chave para todo o desenvolvimento e estrutura na vegetação. (Clements, 1916, p 105)

Clements elaborou a classificação das sucessões baseando-se no desenvolvimento, causas, área inicial e clímax (Clements, 1936, p. 175). Em suas palavras:

A natureza do clímax como condição final da vegetação de uma região climática durante um período climático torna inevitável o seu uso como base principal para a classificação dos seres existentes. O uso do clímax depende necessariamente de seu reconhecimento, e isso é motivo de alguma dificuldade no estado atual de nosso conhecimento. Nem a climatologia nem a ecologia chegaram a um ponto em que o clímax climático possa ser delimitado com precisão. De fato, a climatologia é obviamente de importância secundária nessa conexão. Embora seja talvez mais fácil estudar o clima do que a vegetação, é somente este último que possibilita o reconhecimento de um clima específico no que diz respeito às plantas. Em outras palavras, um clímax deve ser determinado por seu caráter de desenvolvimento e estrutural, como acontece com qualquer unidade biológica. Isso é verdade, apesar do fato de que o companheiro é a causa de um clímax, ou pelo menos a força no controle dele. (Clements, 1916, p. 177)

Sobre a sucessão durante o passado geológico, ele comentou:

A operação de sucessão é essencialmente a mesma durante o passado geológico de hoje: pela natureza de suas formas de vegetação, o registro lida amplamente com os estágios finais de tais

sucessões. É evidente que a sucessão geológica é apenas uma maior expressão do mesmo fenômeno, lidando com períodos de tempo infinitamente maiores, e produzidos por mudanças físicas de intensidade que dê a cada estágio geológico sua marca peculiar. Se, no entanto, o registro geológico fosse suficientemente completo, deveríamos descobrir inquestionavelmente que essas grandes sucessões representam apenas os terminais estáveis de muitas séries de mudanças menores, como as encontradas em toda a vegetação recente ou existente. (Clements, 1916, p. 279)

Clements propôs denominar o estudo da vegetação passada como “paleoecologia” ou “palecologia”, pois este campo tem a mesma relação com a paleobotânica e “compreende a resposta das plantas e comunidades antigas a seus habitats”. (Clements, 1916, p. 279). Ele comentou:

Como consequência, a paleoecologia é um campo não especializado no qual as inter-relações de clima, topografia, vegetação, animais e homem desempenham o papel primordial. A ênfase no presente tratamento necessariamente se voltará para a vegetação, porque é um efeito do clima e da topografia, e uma causa em relação ao mundo animal, e, portanto, serve como a pedra angular no arco de causa e efeito. Como resultado, a paleoecologia é aqui considerada como compreendendo a sequência completa de clima, topografia, vegetação e fauna. (Clements, 1916, p. 280)

Além de utilizar a terminologia apresentada anteriormente (Clements, 1904; Clements, 1905), Clements discutiu bastante sobre a sucessão, apresentando novos termos a ela relacionados como “sere” e “clímax”. Abordou as causas, os fatores e processos envolvidos na sucessão, bem como a sucessão geológica.

Clements não apenas introduziu o termo “clímax”, mas o definiu como o “estágio final da sucessão ou sere” ou “o fim do processo de estabilização” ou o organismo adulto. Discutiu sobre as causas, processos, fatores e período de duração do clímax.

2.4 CLÍMAX: NATUREZA E ESTRUTURA

Vinte anos após a publicação de seu trabalho (Clements, 1916), Clements publicou de forma mais concisa e objetiva em relação aos trabalhos anteriores, outro artigo (Clements, 1936). Nele discutiu sobre a natureza e estrutura do clímax. Apresentou o clímax “como um organismo complexo, único, conectado ao clima” e principal unidade de vegetação, mantendo

a posição de que a relação entre clima e clímax era a mais importante. Em suas palavras: “O termo é invariavelmente empregado com referência apenas à comunidade climática, ou seja, à formação ou às suas principais divisões”. (Clements, 1936, p. 253).

Reafirmou que Hult, em 1885, já havia sugerido a ideia de um clímax no desenvolvimento da vegetação e que essa ideia foi sendo desenvolvida de modo independente por vários pesquisadores no começo do século XX, inclusive por ele próprio. (Clements, 1936, p. 253).

Clements comentou que no início, se havia pensado em incluir os animais como membros do clímax, e que se propôs utilizar o termo “bioma” para enfatizar os papéis mútuos de plantas e animais. (Clements, 1936, p. 254). Porém, depois percebeu-se que as relações primárias dos animais com o habitat ou com a natureza eram diferentes já que as plantas são produtoras e animais são consumidores. Além disso, as plantas constituem a matriz fixa do bioma em conexão direta com o clima, e os animais mantêm uma relação dupla, tanto com as plantas quanto com o clima. (Clements, 1936, p. 254).

Uma discussão detalhada sobre a natureza do clímax abordando unidade; estabilização e mudança; origem e relação, enfatizando a necessidade de testes objetivos foi desenvolvida por Clements neste trabalho (1936, p. 254).

Ele esclareceu que a unidade do clímax “não é meramente a resposta a um clima específico, mas é ao mesmo tempo a expressão e o indicador disso” (Clements, 1936, p. 254). Comentou que nos estudos sobre estabilização e mudança se faz necessário empregar uma medida aceitável de tempo, sugerindo milênios, em vez de eras, e completou de que não há dúvidas de que os clímaxes evoluíram, migraram e desapareceram sob a ação de grandes mudanças climáticas ao longo do tempo. Ele explicou:

A estabilização é a tendência universal de toda a vegetação sob o clima dominante, e que os clímaxes são caracterizados por um alto grau de estabilidade, quando calculados em milhares ou mesmo milhões de anos. (Clements, 1936, p. 256)

Os clímaxes podem exibir mudanças superficiais com a estação, ano ou ciclo, mas com pouca modificação, conforme Clements. As mudanças não deixam nenhuma marca permanente. São superficiais, transitórias ou periódicas, enquanto as mudanças da sucessão são parte intrínseca do processo de estabilização. O homem é o único que pode destruir a estabilidade do clímax durante o longo período de controle pelo seu clima. (Clements, 1936, p. 256).

No que diz respeito à origem e às relações, Clements manteve as ideias apresentadas anteriormente (Clements, 1916), porém acrescentando mais detalhes como por exemplo:

Cada clímax não apenas tem seu próprio crescimento e desenvolvimento em termos de sucessão primária e secundária, mas também evoluiu a partir de um clímax anterior. Em outras palavras, possui uma ontogenia e filogenia que pode ser estudada quantitativa e experimentalmente, da mesma forma que os indivíduos e espécies de plantas e animais (Clements, 1936, p. 257)

Clements explicou que o principal teste para determinar a unidade de formação consistia na presença de espécies dominantes em todas ou quase todas associações (Clements, 1936, p. 258). Um bom exemplo seriam as pradarias e tundras.

Ele considerava que o trabalho desenvolvido sobre a vegetação da América do Norte nas duas últimas décadas e a adoção de sua caracterização de clímax por parte de diversos pesquisadores provenientes de várias partes do mundo corroboravam a completude e precisão de sua proposta anterior (Clements, 1916, p. 261). Ele assim se expressou:

A unidade de vegetação, a formação clímax, é uma entidade orgânica. Como organismo, a formação surge, cresce, amadurece e morre. Sua resposta ao habitat é mostrada em processos ou funções e em estruturas que são tão bem registradas quanto. Além disso, cada formação clímax é capaz de se reproduzir, repetindo com fidelidade essencial os estágios de seu desenvolvimento. A história de vida de uma formação é um processo complexo, porém definido, comparável em suas principais características às características da vida. A formação clímax é o organismo adulto, do qual todos os estágios inicial e médio são apenas estágios de desenvolvimento. Uma formação, em resumo, é o estágio final do desenvolvimento da vegetação em uma unidade climática. (Clements, 1936, p. 261)

Conforme a ideia de que o desenvolvimento termina normalmente na comunidade capaz de manter-se sob um determinado clima, exceto quando uma perturbação surge, existe apenas um tipo de clímax, a saber, aquele controlado pelo clima.

Para Clements, embora exista apenas uma comunidade clímax em uma região climática ou geográfica, pode haver diferenças topográficas e diferentes tipos de solo que formam outras comunidades na mesma zona. Logo, Clements enfatizou que eles são de uma ordem diferente do clímax. (Clements, 1936, p. 261). Clements sugeriu então o termo “proclímax” e explicou:

Como termo geral, proclímax inclui todas as comunidades que simulam o clímax até certo ponto em termos de estabilidade ou permanência, mas sem o reconhecimento adequado do clima existente. [...] O proclímax pode ser definido como qualquer comunidade mais ou menos permanente que se assemelha ao clímax em um ou mais aspectos, mas gradualmente substituível por este último quando o controle do clima não é inibido por perturbações. Além de sua função geral, pode ser usado como sinônimo de qualquer uma de suas divisões, bem como em casos de dúvida pendentes de investigação adicional, como no clímax da água. Os quatro tipos a serem considerados são subclímax, disclímax, pré-clímax e pós-clímax. (Clements, 1936, p. 262)

Ou seja, subclímax, disclímax, pré-clímax e pós-clímax são chamados de proclímaxes e podem ser definidos como comunidades relativamente estáveis que se assemelham ao clímax. Eles são substituídos pelo clímax quando as perturbações não substituem mais os efeitos do clima.

O subclímax representa o estágio seral da sucessão imediatamente anterior ao clímax. O disclímax representa comunidades resultantes de distúrbios causados pelo homem ou outros animais. O pré-clímax antecede as mudanças climáticas que reduzem a quantidade do teor de água do solo, cessando o desenvolvimento antes de atingir o clímax propriamente dito. O pós-clímax indica o que acontecerá se uma mudança do clima resultar em aumento do teor de água, enfatizando assim a reação normal na sere. Ele continua o desenvolvimento substituindo o clímax. (Clements, 1936, pp. 263-265).

Clements indicou quatro tipos de unidades clímax: associação²⁰, consociação²¹, sociedade²² e clã²³. (Clements, 1936, p. 272).

²⁰ A associação resultaria da interação das espécies que ocorrem em um determinado habitat. O número de associações de uma formação específica é naturalmente determinado pelo número de diferenças primárias do bioma ou formação, e estas, por sua vez, dependem da presença de organismos dominantes.

²¹ Cada comunidade na associação é dominada por apenas uma única espécie. Cada uma dessas comunidades, com uma única espécie dominante, é conhecida como consociação. Assim, em uma associação, pode haver muitas consociações, cada uma com uma única espécie dominante.

²² Comunidade caracterizada por uma ou mais espécies subdominantes. Em áreas com predominância de consociação muitas outras espécies são encontradas crescendo em abundância. Podemos pensar na sociedade como um domínio dentro do domínio.

²³ Pequena comunidade de menor importância, mas geralmente de caráter distinto.

2.5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

As concepções ecológicas de Clements foram resultado de seus estudos desenvolvidos desde o final do século XIX, durante várias décadas e também de trabalhos anteriores de outros autores aos quais ele se referiu em suas publicações. Inicialmente ele estudou as formações de pastagens e florestas de Nebraska e a vegetação das Montanhas Rochosas do Colorado, dando prosseguimento a eles durante toda a sua carreira. Em 1905, iniciou uma nova linha de pesquisa aplicando métodos experimentais ao estudo da vegetação como um organismo e também realizou experimentos de controle com plantas sob diferentes situações em relação à água, umidade e luz nas Montanhas Rochosas do Colorado, e seu principal objetivo era determinar com precisão as diferenças determinantes entre os dois ou mais habitats. Realizou uma investigação intensa entre 1913 e 1914 e fez testes por toda a vegetação da metade ocidental do continente e toda área que se estende das Grandes Planícies à costa do Pacífico e das Montanhas Rochosas canadenses à fronteira mexicana.

Como vimos neste capítulo, nos trabalhos iniciais (Clements, 1904; Clements, 1905) não aparece o termo “clímax” ou mesmo a conotação posteriormente atribuída a ele. Tanto o termo como sua conotação só vão estar presentes mais tarde (Clements, 1916; Clements, 1936) sendo discutidos com mais detalhes no último (Clements, 1936).

Inicialmente Clements (1904) procurou explicar o que entendia por vegetação, utilizando vários termos a ela relacionados como associação, invasão, migração, alternância, sucessão, por exemplo. A seguir, retomou esses termos e enfatizou a necessidade de uma metodologia e instrumentos para os estudos ecológicos considerando a formação como um organismo complexo (Clements, 1905). Somente anos mais tarde introduziu o termo clímax, relacionando-o à sucessão como seu estágio final (Clements, 1916), discutindo sobre suas causas, fatores, processos. Clements, considerou a formação como *organismo complexo*, com um desenvolvimento e estrutura característicos “em harmonia com um habitat em particular, não é apenas totalmente justificado, mas também representa a única visão completa e adequada da vegetação”. (Clements, 1916, Prefácio). Além disso, a formação e habitat são considerados as duas fases essenciais de um desenvolvimento que “termina em um clímax controlado pelo clima”. A formação é a comunidade básica do clímax.

Estudos sobre o desenvolvimento de conceitos como este podem esclarecer sobre vários aspectos relacionados à natureza da ciência e à construção do pensamento científico. No caso analisado, procurou-se entender como Clements concebeu o conceito de clímax e se ele sofreu modificações significativas no decorrer do tempo. Foi possível perceber que ele desenvolveu

suas investigações durante muito tempo e propôs vários termos e conceitos relacionados à ecologia. A concepção de clímax se relaciona a eles, em especial à sucessão. Não surgiu de imediato, mas ao longo de suas investigações.

Nas publicações em que aparece o clímax (Clements, 1916; Clements, 1936), não se detectou modificações significativas, mas a adição de mais detalhes proporcionando uma maior clareza.

Por outro lado, Clements que participou do início da institucionalização de uma nova ciência preocupou-se em oferecer uma fundamentação empírica, indo além da observação, procurando atender às expectativas da concepção de ciência aceita na época.

CAPÍTULO 3

CLEMENTS E SEUS INTERLOCUTORES

É importante lembrar que estamos no período inicial do estabelecimento da ecologia como subárea da biologia e nessa fase, como aconteceu com a genética, por exemplo, costuma ocorrer a convivência de vários termos e conceitos, até que a comunidade científica como um todo, chegue a um acordo em relação a alguns deles e os adote. Nesse sentido, o presente capítulo discutirá sobre como os colegas de Frederic Edward Clements (1874-1945) receberam sua proposta do “clímax” na época, sem perder de vista o que aconteceu depois.

Em seu próprio país, Clements interagiu com vários colegas. Dentre eles, pode-se mencionar os botânicos Henry C. Cowles (1869-1939) e Henry A. Gleason (1882-1975). Além dos colegas norte-americanos, Clements interagiu com colegas de outros países como por exemplo, o botânico inglês Arthur George Tansley (1871-1955).

Em 1911 com o apoio do *British Committee of Vegetation*, Tansley organizou a primeira “Excursão Fitogeográfica Internacional”. Esta expedição reuniu Clements e Cowles dos Estados Unidos, além de cientistas britânicos, alemães e suíços. Anos mais tarde, Tansley ao comentar sobre a excursão afirmou que tinha sido um grande sucesso tanto do ponto de vista florístico quanto ecológico. No ano seguinte, o *British Committee of Vegetation* criou uma sociedade, a *British Ecological Society* (BES). (McIntosh, 2000, p. 46). Esse foi um passo importante para a institucionalização da ecologia.

Porém, como vimos no Capítulo 2 desta dissertação, a concepção de clímax está intimamente relacionada a outras concepções de Clements, como por exemplo, a sucessão ecológica e o organismo complexo. Assim, será considerada em relação a elas.

De acordo com McIntosh, as teorias de Clements eram extremamente controversas, e a persistência, intensidade e inconclusividade de grande parte das discussões que aconteceram na época indicam que elas envolviam não apenas fatores empíricos, mas também filosóficos. (McIntosh, 2000, p. 43).

3.1 A RECEPÇÃO DO CONCEITO DE “CLÍMAX” NOS ESTADOS UNIDOS

Henry C. Cowles (1869-1939) (figura 16), um dos colegas de Clements, iniciou o estudo das formações vegetais levando em conta as relações mútuas entre as plantas e o meio ambiente (Acot, 1990, p.43). Cowles obteve seu PhD em 1898, e logo após, ingressou no Departamento de Botânica da Universidade de Chicago, permanecendo na universidade até sua aposentadoria em 1934. (Cittadino, 2008, p. 187).

Cowles estudou a sucessão ecológica de plantas nas dunas ao sul do Lago Michigan desde 1899. Registrou as características de cada sociedade vegetal, observando as diferenças locais no solo, na água, no vento e em outros fatores²⁴. Pode-se dizer que formou uma escola. Entre seus alunos estão William S. Cooper (1884-1978), que conduziu um programa em ecologia vegetal na Universidade de Minnesota, e Arthur G. Vestal (1888-1964), que estabeleceu a ecologia vegetal na Universidade de Illinois. (Cittadino, 2008, p. 187).

Fig. 16: Henry Chandler Cowles (1869-1939)

Fonte: ADAMS, Charles C.; FULLER, George D. Henry Chandler Cowles, physiographic plant ecologist. *Annals of the Association of American Geographers*, **30**: (1), 39-43, 1940.

²⁴ Inicialmente utilizou o esquema de classificação de Warming para sociedades de plantas (xerofíticas, mesofíticas, hidrofíticas). Porém, mais tarde o considerou inadequado para explicar todas as diferenças na vegetação. (Cittadino, 2008)

Cowles, de certo modo, relacionava a vegetação à fisiografia, admitindo que as "leis que governam as mudanças nas sociedades vegetais são principalmente fisiográficas". (Cowles, 1901, p.78). Ele assim se expressou:

Os fisiógrafos²⁵ estabeleceram o conceito de evolução topográfica e mostraram que as paisagens nascem, atingem a maturidade e morrem. Nós ecólogos de plantas, provamos similarmente que existem ciclos de vegetação, em parte correspondendo aos ciclos da fisiografia e em parte independentes da mudança fisiográfica; que há uma sucessão de vegetação de formas pioneiras a clímax. (Cowles, 1928, p. 381)

Segundo Cittadino, diferentemente de Clements que entendia o clímax como uma expressão do clima geral em uma região e que uma vez alcançada, permanecia estável indefinidamente, Cowles identificava a ecologia como intimamente ligada com a fisiografia. Ele optou por se concentrar “mais no nível local do que no regional” e tendia a ver as sociedades de plantas como estando em constante mudança. Por essas razões, o clímax para Cowles era mais uma ideia do que um resultado fixo e inevitável (Cittadino, 2008, p. 187).

Porém, Cowles considerava que, de um modo geral, a abordagem do termo clímax por Clements estava de acordo com sua própria interpretação do desenvolvimento das etapas envolvidas na sucessão. De modo análogo, ele concordava com a ideia de um clímax climático. Porém, ele manifestou sua discordância com o direcionamento da sucessão admitido por Clements. Ao contrário de Clements, que considerava apenas o direcionamento progressivo da sucessão, Cowles considerava também o direcionamento regressivo da sucessão (Cowles, 1919, pp. 477-478).

Embora Cowles simpatizasse com alguns aspectos da visão de Clements, ele não via o clímax como estando relacionado a um organismo complexo. A seu ver, o processo era dinâmico e estava em constante mudança. Porém, *Cowles não chegou a desenvolver suas ideias sobre a sucessão de plantas e não se tem registro de sua visão a respeito do assunto em suas últimas obras* (Cittadino, 2008, pp. 188-189).

Cowles comentou que apesar do conhecimento de Clements em relação ao grego e latim, muitas vezes devido à sua excessiva preocupação com a precisão do inglês e o excesso de informações, talvez algumas de suas “ideias inspiradoras” pudessem ter se perdido ao longo do texto. (Cowles, 1919, p. 478).

²⁵ Fisiógrafo: Especialista em fisiografia, que descreve os aspectos ou fenômenos naturais.

Henry A. Gleason (1882-1975) (figura 17), outro colega de Clements, trabalhou durante mais de três décadas no Jardim Botânico de New York. Foi curador, curador chefe e chefe de pesquisa. Atuou também como diretor assistente, diretor adjunto e diretor interino, mas seu principal interesse era a pesquisa e não a administração. (Cain, 1959, p. 105).

Fig. 17: Henry Allan Gleason (1882–1975)

Fonte: EGERTON, Frank N. History of ecological sciences, part 54: succession, community, and continuum. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, **96**: (3) 426-474, 2015.

Gleason voltou seu olhar para o passado, quando em 1908 procurou reconstruir a história da vegetação a partir de evidências contemporâneas em estudos de pradarias, florestas e regiões arenosas no norte de Illinois. A paisagem americana estava em profunda transformação após a chegada da ferrovia e os americanos estavam preocupados com os aspectos “ecológicos” (Kingsland, 2005, p. 153).

Gleason foi bem sucedido em relacionar aspectos florísticos com aspectos ecológicos da vegetação, enquanto a maioria dos botânicos se preocupava com os aspectos fisiológicos e morfológicos. Ele conseguiu perceber as diferenças entre indivíduos da mesma espécie e como essas diferenças poderiam interferir na dinâmica da vegetação. Em seu estudo priorizou as plantas individuais e suas respectivas espécies, o que refletiu em sua concepção “individualista” (Piqueras, 2015, p. 58).

Quando Clements publicou seu livro (Clements, 1916), Gleason reconheceu sua importância, embora tenha feito algumas críticas. Gleason assim se expressou:

A literatura ecológica foi recentemente enriquecida pela publicação de um livro extremamente importante (Clements, 1916) sobre a estrutura e o desenvolvimento da vegetação. O livro não apenas apresenta uma análise minuciosa e detalhada da vegetação, com base nas pesquisas do autor, mas também revisa as teorias e resume os fatos de uma vasta gama de literatura ecológica. Por todo o seu conteúdo, o ecólogo que trabalha é grato, embora seja provável que algumas das ideias mais radicais do autor sejam aceitas com relutância e outras sejam completamente rejeitadas. (Gleason, 1917, p. 463)

Mas quais seriam essas ideias radicais que Gleason rejeitou? Dentre elas está o monoclímax. Ele não aceitou que houvesse uma tendência irreversível que levasse ao clímax. Por outro lado, seus estudos de campo o levaram a repudiar o conceito organismo complexo de Clements (Young, 2011, p. 763).

Stanley Cain comentou que Gleason nunca se impressionou ou se confundiu com as “criações filosóficas” de outros ecólogos, pois sempre testou suas ideias sobre a associação, a sucessão, o clímax, os controles ambientais e a biogeografia em relação ao que ele conhecia da natureza. (Cain, 1959, p. 106). Aqui está uma crítica de Cain às concepções filosóficas. Provavelmente “alguns ecólogos” se referiam a um ecólogo em particular, Clements ou àqueles que integravam a sua escola.

No início do século XX, as ideias de Clements tiveram uma maior aceitação do que as ideias de Gleason, embora muitos ecólogos da época as considerassem como dois extremos (Young, 2011, p. 763).

Forrest Shreve (1878- 1950) (figura 18) foi contemporâneo de Clements no Laboratório do Deserto da *Carnegie Institution* de Washington. Embora não fosse membro da Seção de Pesquisa Ecológica desenvolvida por Clements, permaneceu no instituto de 1909 até sua aposentadoria em 1947. Shreve investigou a distribuição de plantas como agregados ou comunidades e suas relações com o meio ambiente. Ele também admitia o conceito individualista, provavelmente antes de Gleason (McIntosh, 1983, p. 110).

Fig. 18: Forrest Shreve (1878- 1950)

Fonte: SHANTZ, Homer L. Forrest Shreve 1878-1950. *Ecology*, **32**: (3) 364-367, 1951.

Shreve (1914) escreveu: "É impossível estudar a distribuição da vegetação em uma região onde diferenças acentuadas podem ser encontradas, sem se impressionar com a independência que cada espécie exibe em sua alocação". (Shreve, 1914, *apud* McIntosh, 1983, p. 110).

O conceito individualista da comunidade de Shreve e Gleason contrastava fortemente com a visão organísmica de Clements.

Shreve e Clements tinham ideias bem diferentes sobre a natureza da vegetação, mas de acordo com McIntosh, concordavam em que "a vegetação era o nível apropriado de estudo e que a investigação do ambiente e a resposta da planta eram cruciais". (McIntosh, 1983, p. 110).

Após as aposentadorias de Clements e Shreve na década de 1940, os estudos ecológicos de plantas no Departamento de Biologia Vegetal apoiados pela *Carnegie Institution*, tiveram uma redução drástica. Os interesses da *Carnegie* em ecologia passaram a estar associados com bioquímica e fisiologia. (McIntosh, 1983, p. 111). Ou seja, uma linha de pesquisa diferente.

William S. Cooper (1884-1978) (figura 19), obteve seu Ph.D pela Universidade de Chicago sob a orientação de Henry C. Cowles em 1911. Dois anos depois, com base em suas investigações sobre a dinâmica da floresta (Cooper, 1913), considerou a existência de um equilíbrio. (McIntosh, 2000, p. 84).

Fig. 19: William Skinner Cooper (1884-1978)

Fonte: LAWRENCE, Donald B. William Skinner Cooper (1884-1978). *Bulletin on the Ecological Society of America*, **60** (1) 18-19, 1979.

Cooper começou a trabalhar como assistente de Clements na Universidade de Minnesota em 1915. Após a saída de Clements, exerceu a função de professor assistente iniciando o próprio programa de ensino, baseado especialmente no treinamento de estudantes nas áreas aplicadas de agricultura, silvicultura, manejo da vida selvagem e educação. Suas pesquisas eram voltadas à história geológica e mudanças na fisiografia, clima, solos e vegetação do Estado, nos períodos do Pleistoceno e Pós-Pleistoceno. (Lawrence, 1979, p. 18).

Cooper se distanciou do conceito de sucessão de Clements e propôs a metáfora de "corrente trançada". Diferentemente da imagem comum da comunidade como essencialmente homogênea, a floresta de Cooper era um "mosaico", ou colcha de retalhos, de diferentes idades, que estava em um estado de constante mudança. (McIntosh, 2000, p. 84). Cooper comentou:

Os estudos anteriores mostram que a floresta do clímax é um complexo de áreas de diferentes idades, as mais jovens compostas por densos aglomerados de árvores pequenas e as mais antigas contendo algumas árvores maduras com pouco ou nenhum crescimento jovem, as de um único grupo tendo aproximadamente a mesma idade. Esse mosaico ou retalhos muda continuamente de uma maneira que quase pode ser chamada de caleidoscópica quando são considerados longos

períodos de tempo. A floresta como um todo, no entanto, permanece a mesma e as mudanças em várias partes se equilibram. (Cooper, 1913, p. 36)

Embora tivesse elogiado Clements (1916) por ser um dos pioneiros na organização do campo da ecologia dinâmica, Cooper criticou sua terminologia (Cooper, 1926, p. 393). Cooper assim se expressou:

No trabalho de Clements de 1916, notamos a tese, de que a comunidade de unidades ou clímax é uma entidade orgânica, com estrutura e funções correspondentes às de um organismo individual. Essa suposição ilustra todo o tratado de Clements e, na opinião do escritor [Cooper], prejudica seriamente a utilidade de sua contribuição. (Cooper, 1926, p. 394)

Apesar de muitos pesquisadores da época aceitarem a ideia de Clements de que o estudo do desenvolvimento da vegetação devia se basear necessariamente na suposição de que a formação da unidade ou do clímax é uma entidade orgânica, Cooper considerava que o assunto merecia mais reflexões (Cooper, 1926, p. 399).

Para Cooper uma unidade de vegetação não era um organismo. Poderia sê-lo eventualmente num sentido figurado, apenas como um meio para entender os processos da natureza. A seu ver, quaisquer conclusões deveriam se basear em evidências, sem recorrer a argumentos baseados na “analogia pura”. O paralelo entre vegetação e organismo poderia ser permitido; mas não como fundamento de um sistema (Cooper, 1926, pp. 400-401).

Para Cooper “o clímax é uma das grandes correntes de fluxo lento da corrente trançada, formado pela fusão de muitos fluxos” e ocorre quando todos os fatores, sejam eles climáticos, fisiográficos ou reacionais, estão produzindo uma grande quantidade de mudanças. (Cooper, 1926, p. 407).

Porém, para Cooper, excluindo a concepção de organismo complexo, o tratado de Clements, era o que apresentava uma melhor fundamentação em relação ao que se tinha na época (Cooper, 1926, p. 410).

Se avançarmos um pouco no tempo poderemos conhecer a posição de Robert H. Whittaker (1920-1980) (figura 20), mas antes disso, precisamos conhecer a posição de seu orientador durante sua pós-graduação em Illinois (Westman & Peet, 1982, p. 99), o botânico Arthur G. Vestal (1888-1964).

Fig. 20: Robert Harding Whittaker (1920-1980)

Fonte: WESTMAN, W. E.; PEET, R. K.. Robert H. Whittaker (1920-1980): The Man and His Work. *Vegetatio*, **48**: (2), 97-122, 1982.

Whittaker participou das discussões nas aulas de Vestal, que questionavam as ideias de Clements sobre a associação de plantas e discutiam sobre a visão alternativas de Gleason sobre distribuição individualista de espécies. Vestal simpatizava com as ideias individualistas que eram menos populares. (Westman & Peet, 1982, p. 100).

Whittaker ingressou na Universidade de Illinois em 1946 para fazer seu doutorado e decidiu se dedicar ao trabalho ecológico. Ele criticou a "teoria do clímax" e retomou as discussões sobre as ideias de Clements. (McIntosh, 2000, p. 264).

De acordo com Whittaker, concepções semelhantes às de Clements²⁶, apareceram em Phillips (1934-1935), em Weaver & Clements (1929), Cain (1939), Dansereau (1946), Braun (1950), por exemplo. Porém, os trabalhos de Shelford (1932), Woodbury (1933), Shelford &

²⁶ Whittaker deu alguns exemplos de obras que continham concepções semelhantes de Clements que não consultamos, mas julgamos útil apresentá-las ao leitor:

BRAUN, E. L. *Deciduous forests of eastern North America*. Philadelphia: Blakiston. 1950.

CAIN, S. A. The climax and its complexities. *American Midland Naturalist*, **21**: (1), 146-181, 1939.

DANSEREAU, P. L'érablière laurentienne: II. Les successions et leurs indicateurs. *Canadian Journal of Research*, **24**: (6), 235-291, 1946.

PHILLIPS, J. F. V. Succession, development the climax, and the complex organism: An analysis of concepts. Part I. *Journal of Ecology*, **22**: (2), 554-571, 1934; Part II. Development and the climax. *Journal of Ecology*, **23**: (1), 210-246, 1935; Part III. the complex organism: Conclusions. *Journal of Ecology*, **23**: (2), 488-508, 1935.

WEAVER, J. E. & CLEMENTS, F. E. *Plant Ecology*. New York: McGraw-Hill. 1929.

Olson (1935), Clements & Shelford (1939) e Carpenter (1939), manifestaram sua concordância²⁷ com as mesmas (Whittaker, 1953, p. 42).

Todavia, interpretações divergentes²⁸ de clímax e sucessão pode ser encontradas em trabalhos como de Hansen (1921), Gams (1923), Cooper (1926), Gleason (1927), Godwin (1929), Davis (1936), Walter (1937), Wood (1939), Graham (1941), dentre outros, o que gerou confusão algumas vezes na variedade de abordagens e unidades de tratamento em alguns trabalhos. (Whittaker, 1953, p. 42)

Whittaker comentou que o excesso de tipos de clímax utilizados na literatura causou uma confusão. Por exemplo, o clímax climático de Clements e seus intermediários subclímax, pré-clímax e pós-clímax; o clímax topográfico de Nichols; o clímax de fogo de Tansley & Chippm; clímax aquático de Woodbury; o clímax biótico de Tansley (1935) dentre outros. (Whittaker, 1953, pp. 42-43).

Whittaker ponderou ainda que a ideia de um clímax climático ou teoria do monoclímax era insustentável. (Whittaker, 1953, p. 61). Ele preferia a hipótese do clímax padrão e explicou:

A preferência do autor reside naturalmente nessa hipótese, com o argumento de que: (1) é mais realista ou apropriado para a estrutura populacional da vegetação; (2) fornece as necessidades atendidas pelas outras teorias, para o padrão pode muito bem ser classificado em tipos de clímax, e um tipo de clímax predominante (ou climático) pode ser reconhecido entre esses e (3) fornece

²⁷ Whittaker deu alguns exemplos de algumas publicações que concordavam com as ideias de Clements que, embora não tenhamos consultado, consideramos pertinente apresentá-las ao leitor:

CARPENTER, J. Richard. The biome. *American Midland Naturalist*, **21**: (1), 75-91, 1939.

CLEMENTS, F. E. & SHELFORD, V. *Bio-ecology*. New York: Wiley & Sons. 1939.

SHELFORD, V. E. Basic principles of the classification of communities and habitats and the use of terms. *Ecology*, **13**: (2), 105-120, 1932.

SHELFORD, V. E. & OLSON, S. Sere, climax and influent animals with special reference to the transcontinental coniferous forest of North America. *Ecology*, **16**: (3), 375-402, 1935.

WOODBURY, Angus M. Biotic relationships of Zion Canyon, Utah with special reference to succession. *Ecological Monographs*, **3**: (2), 151-245, 1933.

²⁸ Whittaker deu alguns exemplos de obras que discordavam das concepções de Clements que não consultamos, mas que consideramos relevante mencioná-las nesta dissertação:

COOPER, William S. The fundamentals of vegetational change. *Ecology*, **7**: (4), 391-413, 1926.

DAVIS, C. 1936. Plant ecology of the Bulli District. I. Stratigraphy, physiography and climate; general distribution of plant communities and interpretation. *Linnean Society*, **61**, 285-297, 1936.

GAMS, H. Die Waldklima der Schweizeralpen, ihre Darstellung und ihre Geschiclite. *Naturf. Gesell. Basel Ver'*. **35**: (1), 262-276, 1923.

GLEASON, Henry Allan. Further views on the succession-concept. *Ecology*, **8**: (3), 299-326, 1927.

GODWIN, H. The sub-climax and deflected succession. *Journal of Ecology*, **17**: (1), 144-147, 1929.

GRAHAM, Samuel A. Climax forests of the Upper Peninsula of Michigan. *Ecology*, **22**: (4), 355-362, 1941

HANSEN, Albert A. The terminology of the ultimate vegetation. *Ecology*, **2**: (2), 125-126, 1921.

WALTER, H. Pflanzensoziologie und Sukzessionslehre. *Sammelreferat. Zeitschr. für Bot*, **31**, 545-548, 1937.

WOOD, J. G. Ecological concepts and nomenclature. *Royal Society Aust. Trans.* **63**, 215-223, 1939.

uma melhor base conceitual para certos tipos de pesquisa do que as outras teorias do clímax (Whittaker, 1974, p. 152).

3.2 A RECEPÇÃO DA PROPOSTA DE CLEMENTS NA GRÃ-BRETANHA: ARTHUR G. TANSLEY

Na seção anterior discutimos sobre a recepção da proposta de Clements por seus colegas norte-americanos. Escolhemos como representante dos estudos ecológicos no período em outro país, o botânico britânico Arthur George Tansley (1871-1955) devido à posição que ocupou no cenário mundial.

Sir Tansley (figura 21) iniciou seus estudos observando a vegetação da Grã-Bretanha. A partir de 1907 seu interesse pela ecologia foi crescendo. Preocupava-se com aspectos filosóficos e o desenvolvimento de um pensamento crítico sobre as ciências naturais. Fez várias excursões para *Norfolk Broads*, *New Forest District*, *Forest of Dean* entre outros. (Kingsland, 2005, p. 129; Kato & Martins, 2016, p. 192).

Fig. 21. Arthur George Tansley (1871-1955)

Fonte: < <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arthur-Tansley-1893.jpg> >. Acesso: 10 Jan 2020.

Tansley iniciou seus estudos no *Highgate School* e deu prosseguimento a eles no *University College*, em Londres a partir de 1889. Nessa ocasião, conheceu o botânico Francis Wall Oliver²⁹ (1864-1951) que despertou seu interesse por samambaias e briófitas. Posteriormente, Tansley também se interessou pela recente área da ecologia. No ano seguinte, Tansley ingressou *Trinity College*, em Cambridge, onde estudou botânica, fisiologia, zoologia e geologia. (Cameron, 2008, p. 3). Nessa época, Tansley estava preocupado com o que os estudos científicos pudessem reverter em algum benefício para a sociedade (Kato & Martins, 2016, p. 191).

Em 1893, Oliver convidou Tansley para ser seu assistente no Departamento de Botânica no *University College*, onde Tansley permaneceu pelos doze anos seguintes. (Godwin, 1957, p. 230). Sete anos depois, Tansley viajou para o Ceilão, Malásia e norte da África junto com o paleobotânico William Henry Lang (1874-1960). Eles passaram algumas semanas em cada região e Tansley escreveu um diário de viagem registrando informações sobre a atividade humana, animal e vegetal. Foi seu primeiro contato com a região dos trópicos e vegetação do deserto. (Godwin, 1957, p. 231; Cameron, 2008, p. 3). Dois anos depois casou-se com sua ex-aluna Edith Chick (1869-1970).

Tansley foi editor do periódico *The New Phytologist*, publicado com seus próprios recursos a partir de 1902. O objetivo do novo periódico era inteirar os botânicos das pesquisas da época e incentivar a análise crítica das pesquisas em desenvolvimento. (Godwin, 1957, p. 232). Tansley lecionou na Universidade de Cambridge de 1907 a 1923. Nesse período fundou o periódico *Journal of Ecology*.

Como mencionamos no início deste capítulo, durante a *International Phytogeographic Excursion* em 1911 Tansley e Clements (figura 22) se encontraram pessoalmente. Apesar de suas diferenças, continuaram amigos por toda a vida e mantiveram uma correspondência regular sobre assuntos pessoais e profissionais até o falecimento de Clements em 1945. (Van Der Valk, 2014, pp. 298-299).

²⁹ Oliver lecionou Botânica no *University College* entre 1890 a 1925.

Fig. 22: Arthur Tansley e Frederic Clements na

International Phytogeographic Excursion nas Ilhas Britânicas em 1911.

Fonte: TRUDGILL, Stephen. Tansley, AG 1935: The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Progress in Physical Geography*, **31**: (5), 517-522, 2007.

Dois anos depois da *International Phytogeographic Excursion*, uma segunda turnê foi organizada pelos professores Cowles e Clements na América do Norte. Com duração de dois meses, a *International Phytogeographic Excursion in America* (figuras 23 e 24), reuniu europeus e norte-americanos numa viagem que começou em New York, e seguiu por Chicago e toda região, a Universidade de Nebraska, o Laboratório do Deserto, a *Carnegie Institution*. Também visitaram os locais de pesquisa nos laboratórios de Carmel, *Salton Sea* e as montanhas de Santa Catalina, Arizona. (Tansley, 1913, pp. 322-323).

Fig. 23: *International Phytogeographic Excursion in America* (Segunda Excursão Internacional de Fitogeografia em 1913). Fotografia aos pés de uma sequoia em Mariposa Grove, Parque Nacional de Yosemite, Califórnia.

Legenda: 1. Edith Tansley; 2. Arthur Tansley; 3. Marie Charlotte Brockmann-Jerosch (1877-1952) botânica suíça; 4. Henryk Brockmann-Jerosch (1879-1939) botânico suíço; 5. Henry C. Cowles, 6. Carl Schroëter (1855-1939) botânico suíço, 7. Adolf Engler (1844-1930) botânico alemão, 8. Frederic Clements, 9. Edith Clements, dentre outros. **Fonte:** BEIDLEMAN, Richard G. To California with Jepson's "Phyto-jogs" in 1913. *Madroño*, **56:** (1), 49-56, 2009.

Fig. 24: *International Phytogeographic Excursion in America. Mount Tamalpais, Condado de Marin, Califórnia.*
 Legenda: 1. Edith Clements, 2. Frederic Clements, 3. Carl Schröter, 4. Adolf Engler, 5. Alice Eastwood (1859-1953) botânica canadense; 6. Arthur Tansley; 7. Edith Tansley; dentre outros. **Fonte:** BEIDLEMAN, Richard G.
 To California with Jepson's "Phyto-jogs" in 1913. *Madroño*, **56**: (1), 49-56, 2009.

Tansley ficou impressionado com a recepção por parte de seus anfitriões norte-americanos e com a atuação científica que encontrou na América. Também chamou a sua atenção a rapidez com que as florestas e pradarias estavam sendo substituídas por campos de milho e fábricas. (Kingsland, 2005, p. 129).

Em 1913, o *British Vegetation Committee* se transformou na *British Ecological Society*, se tornando a primeira organização ecológica do mundo. Esse foi um passo importante para a institucionalização da ecologia. Tansley foi o primeiro presidente da sociedade. Em 1915, ele foi eleito membro da *Royal Society* e também atuou como editor do *Journal of Ecology* de 1917 a 1938. (Cameron, 2008, p. 4).

Segundo Cameron (2008), inicialmente, Tansley apoiou a abordagem de Clements em relação à sucessão, que considerava a formação de plantas como um "organismo complexo" que se desenvolvia progressivamente em direção a um único sentido, o "clímax climático". Entretanto, com o passar do tempo, Tansley manifestou cada vez mais desconforto com a escolha da terminologia adotada por Clements (Cameron, 2008, p. 4).

Durante a Primeira Guerra, Tansley começou a servir em Londres como funcionário do *Ministério das Munições*, e acabou lendo as obras de Sigmund Freud (1856 -1939). No final da década de 1910 visitou Freud em Viena e fez análise por alguns meses. Tansley foi um importante popularizador da psicanálise freudiana no início do século XX. Ele se dedicou aos estudos da psicologia e publicou um livro sobre o assunto: *New psychology and its relation to life* (1920). (Cameron, 2008, p. 5). Porém, sem interromper seus estudos ecológicos.

Conforme Tansley (1920), quando Clements (1916) expressou sua visão da vegetação como uma “entidade orgânica”, ele o fez com “grande clareza e habilidade, e “detalhadamente”. Apesar disso, seu trabalho, encontrou oposição em certos aspectos ou mesmo desprezo. Alguns autores chegaram a considera-lo fantasioso, semelhante a um conto de fadas ou mesmo absurdo³⁰. (Tansley, 1920, p. 122).

Diferentemente de Clements (1905, 1916), Tansley (1920) questionou se poderia considerar a vegetação como entidade natural ou orgânica, ou de alguma forma como organismo. Tansley comentou:

É óbvio que ela [a vegetação] não é um organismo no sentido amplo que aplicamos o termo a um animal ou planta individual, pois as unidades que a compõem são indivíduos separados e que, na maioria das vezes, embora não o sejam em todos os casos, têm o poder de existir independentemente de outros indivíduos. [...] Uma comunidade humana, como uma comunidade vegetal, consiste em indivíduos separados com poderes independentes de existência, crescimento e reprodução. Mas, juntos, esses indivíduos formam um novo todo, uma unidade de ordem superior, com sua própria estrutura e funções dependendo das inter-relações definidas dos indivíduos que a compõem. (Tansley, 1920, p. 123)

Tansley mencionou que os indivíduos que constituem a comunidade humana mantêm um “grau de autonomia” que as partes de um organismo não possuem, podendo exercer todas as funções essenciais da vida quando estão separados da comunidade como tal; “além de poder se transferir para outra comunidade e tornarem-se verdadeiros membros dela”. Por isso, preferiu chamar uma comunidade humana de “quase-organismo”. (Tansley, 1920, pp. 123-124). Ele considerava que uma associação ou formação de plantas é muito semelhante a uma comunidade humana (vilarejos, vilas, cidades).

³⁰ Tansley (1920) comentou que os autores H. Gams (1918) e C. E. Du Rietz (1919) fizeram duras críticas aos termos de Clements em seus trabalhos. Não consultamos esses trabalhos, mas julgamos útil apresentá-las ao leitor: DU RIETZ, C. E. 1919. Review of Clements' "Plant Succession." *Svensk Bot. Tidskr.* **13**, 117-121.; GARNIS, Hei. Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. *Naturforschende Ges.* **63** 293-403, 1918.

Para Tansley, a associação tornava-se então um “quase-organismo maduro” com características que não mudam radicalmente, exceto como resultado da perturbação das condições das quais depende, isto é, do habitat ou das espécies constituintes. (Tansley, 1920, p. 131).

Tansley criticou Clements (1916) por adotar um pensamento radical ao se recusar a reconhecer quaisquer formações, exceto as determinadas pelo clima. Ele negou implicitamente o poder de fatores edáficos ou topográficos permanentemente para deter o desenvolvimento da floresta ou diferenciar permanentemente a vegetação de qualquer maneira. (Tansley, 1920, p. 141).

Depois de discutir alguns conceitos de Clements, Tansley destacou também que as concepções de “pré-clímax” climático e “sub-clímax estabilizado” eram inadequadas como base de classificação, pois “envolvem interpretação especulativa e se afastam dos critérios de maturidade e estabilidade”. Para ele, era procedente reconhecer o clímax fisiográfico e climático (associações). Já a sucessão em geral deveria ser diferenciada do desenvolvimento, que é um tipo particular de sucessão. (Tansley, 1920, p. 147). Assim, Tansley completou:

A sucessão no desenvolvimento pode ser marcada por uma série de “clímaxes”, relativamente estáveis e maduros, e que diferem entre si em habitat, forma de vida e composição florística. Esses “clímaxes” devem ser reconhecidos como associações. (Tansley, 1920, p. 147)

Ou seja, Tansley reconhecia a importância do “clímax”, mas negava que todos os clímaxes fossem necessariamente climáticos.

Em outubro de 1927, Tansley assumiu a cadeira de Botânica no *Magdalen College* em Oxford. Nessa época, a ecologia estava em voga entre os biólogos de Oxford que a viam como um caminho novo e melhor para ordenar a natureza, a sociedade e o conhecimento em um mundo que estava destruído pela guerra (Anker, 2001; Kato & Martins, 2016, p. 193). Ele procurou aplicar a ecologia à agricultura e silvicultura (Cameron, 2008, pp. 6-7).

Em resposta a uma série de artigos publicados pelo pesquisador florestal sul-africano John F. V. Phillips (1899-1987) em 1934 e 1935 defendendo a ecologia de Clements, Tansley publicou um artigo (Clements, 1935), repleto de críticas às teorias de Phillips e Clements. Ele iniciou se desculpando:

Se alguns de meus comentários forem contundentes e provocativos, tenho certeza de que meu velho amigo, Dr. Clements, e meu mais novo amigo, Professor Phillips, me perdoarão. [...]

Gostaria de expressar minha convicção de que o Dr. Clements nos apresentou uma teoria da vegetação que proporcionou uma base indispensável para o trabalho moderno mais frutífero. No entanto, nunca concordei com algumas partes dessa teoria e de sua expressão. Quando ela atinge seu limite lógico e talvez além, como pelo professor Phillips, a revolta se torna irreprimível. (Tansley, 1935, p. 285)

Conforme Van der Valk (2014), Tansley criticou Phillips por não apresentar um novo argumento para refutar os críticos de Clements. (Van der Valk, 2014, p. 314).

Tansley comentou que Clements e Phillips estavam obcecados pela ideia de "organismo complexo". Em suas palavras:

Em 1920, indaguei se poderíamos reconhecer essas entidades na vegetação e analisei todo o assunto detalhadamente e cuidadosamente. Que eu saiba, a análise não foi seriamente criticada ou impugnada, e posso me permitir pensar que ela é válida, embora várias opiniões divergentes não apoiadas por argumentos tenham sido expressas desde então. Resumidamente, concluí que comunidades de plantas maduras e bem integradas (que identifiquei com associações de plantas) tinham o caráter suficiente de organismos para serem consideradas quase-organismos, da mesma maneira que as sociedades humanas são habitualmente consideradas. Embora as comunidades vegetais não sejam e não possam ser tão altamente integradas como as sociedades humanas e ainda menos do que certas comunidades animais, como cupins, formigas e abelhas sociais, a comparação com um organismo não é apenas uma analogia frouxa, mas é firmemente baseada, pelo menos no caso das comunidades mais complexas e altamente integradas. [...] Mas essa posição está longe de satisfazer a Clements e Phillips. Para eles, a comunidade vegetal (ou atualmente a "comunidade biótica") é um organismo, e aquele que não acredita que se afaste da verdadeira fé. (Tansley, 1935, pp. 289-290)

Quando Clements e Phillips defenderam a ideia de "organismo complexo", também conhecido como "comunidade biótica", Tansley não gostou do termo "comunidade biótica" por motivos linguísticos. Sugeriu então "comunidade em potencial", pois na sua opinião, expressava melhor o agrupamento de animais e plantas como membros de uma comunidade. (Tansley, 1935, p. 296).

Tansley então expôs suas ideias propondo o termo "ecossistema" como uma alternativa para o organismo complexo de Clements:

Mas me parece que a concepção fundamental, o sistema inteiro (no sentido da física), inclui não apenas o organismo complexo, mas também o complexo dos fatores físicos como um todo, constituindo o que chamamos de meio ambiente do bioma – os fatores do habitat no sentido amplo. (Tansley, 1935, p. 299, *apud.*, Kato & Martins, 2016, p. 194)

Apesar de na época serem considerados principalmente os organismos, Tansley atribuiu importância aos fatores físicos (“inorgânicos”). No que se refere ao “clímax”, Tansley também discordou da ideia de Clements e que foi defendida por Phillips. Tansley expressou:

O tratamento dado pelo professor Phillips ao conceito de clímax está aberto a quase as mesmas críticas que seu tratamento da sucessão. Assim como ele só terá um tipo de sucessão, que é sempre progressivo, e inteiramente causado pelas "reações bióticas" da comunidade, então ele terá apenas um tipo de clímax, o clímax climático, do qual há apenas um em cada região climática. Ele sugere, ingenuamente, que o adjetivo "climático" deveria ser abandonado: é enganoso para os iniciantes. Já que há apenas um tipo de clímax, por que qualificar a palavra? (Tansley, 1935, p. 292)

Para contrapor a ideia de clímax climático, Tansley advertiu que alguns ecólogos da época defendiam a opção de haver mais de um clímax em uma região climática, cada um com dominantes distintos: a chamada "teoria policlímax". (Tansley, 1935, p. 292).

Tansley reduziu a importância do clima regional como um fator no desenvolvimento de ecossistemas: “Os grandes complexos regionais de climaxes do mundo são importantes determinantes dos ecossistemas terrestres primários e contribuem com partes (componentes) para os sistemas, assim como os solos e os organismos”. (Tansley, 1935, p. 300).

Então, como o ecossistema poderia estar relacionado à sucessão e ao clímax? Tansley explicou:

Alguns sistemas se desenvolvem gradualmente, tornando-se cada vez mais altamente integrados e mais delicadamente ajustados em equilíbrio. Os ecossistemas são desse tipo, e a sucessão autogênica normal [quando os fatores dominantes de mudança dependem diretamente das atividades das próprias plantas] é um progresso em direção a uma maior integração e estabilidade. O “clímax” representa o estágio mais alto da integração e a abordagem mais próxima do perfeito equilíbrio dinâmico que pode ser alcançado em um sistema desenvolvido sob as condições dadas e com os componentes disponíveis. (Tansley, 1935, p. 300)

Mesmo as numerosas cartas trocadas entre Tansley e Clements e as diversas críticas expostas nos artigos de Tansley, não convenceram Clements a mudar de ideia sobre a sucessão como sendo o desenvolvimento de um “organismo complexo”. Após a publicação de Tansley (1935), Clements (1936) manteve sua visão de sucessão e de clímax climático. (Clements, 1916). (Van der Valk, 2014, pp. 316-317). Todavia, segundo Tansley, Clements reconheceu que existiam clímaxes intermediário ao clímax climático e, portanto, introduziu termos como proclímax, disclímax, etc; e esses conceitos certamente trouxeram suplementos necessários ao esquema original. (Tansley, 1947, p. 196).

Em seus últimos anos em Oxford e após sua aposentadoria, Tansley foi um membro ativo da *Society for Freedom in Science*. Em 1953, aos oitenta e um anos, publicou seu último livro *Mind life*. (Godwin, 1957, p. 242).

3.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Como é possível perceber a partir da leitura deste capítulo, as contribuições de Clements foram valorizadas conforme expressou Tansley: “O Dr. Clements nos deu uma teoria da vegetação que constituiu uma base indispensável para o trabalho moderno mais frutífero”. (Tansley, 1935, p. 285). Apesar disso, vários aspectos relacionados à proposta de Clements não foram aceitos pela comunidade científica da época, sendo objeto de críticas. Podemos iniciar com o conceito de organismo complexo. Ele foi rejeitado por Cowles, por Gleason e Vestel (que preferiram a concepção individualista), além de Shreve e Cooper. As discordâncias desses autores se estendiam também às concepções de Clements relacionadas ao clímax. Com exceção de Cowles, que admitia o clímax climático, os outros autores mencionados tinham restrições em maior ou menor escala. Por exemplo, Shreve rejeitou a ideia de clímax como um todo. Gleason não admitia a existência de um monoclímax. Whittaker criticou o excesso de tipos de clímax presentes na literatura que causavam confusão e não admitiu a ideia de Clements de um clímax climático ou monoclímax.

Tansley, por sua vez, fez críticas à expressão “organismo complexo” bem como à sua conotação, considerando-a inadequada, de difícil entendimento, o que trazia mais problemas que soluções. Essas críticas também se aplicavam ao fato de Clements não a empregar em um sentido metafórico, mas considera-la uma forma procedente de caracterizar a comunidade.

Tansley não aceitava a visão de Clements em que a sucessão fosse um processo de desenvolvimento cuja etapa final, a formação do clímax, fosse determinada principalmente pelo clima regional. Para Tansley, uma determinada região possuía vários fatores ambientais que

poderiam produzir diferentes tipos de formações de clímax. Por isso, Tansley (1935), propôs o conceito do “ecossistema” como forma de contornar a teoria do monoclímax de Clements. Dessa maneira, o ambiente físico, o clima, plantas e outros organismos seriam fatores importantes na determinação da composição e características de entidades ecológicas.

Como vimos, a ideia de sucessão/clímax de Clements, não foi aceita em sua totalidade pela maioria de seus contemporâneos. Concordamos com Van der Valk (2014) que essas críticas foram feitas “principalmente pela insistência de Clements em que a formação da planta era um organismo complexo”. (Van der Valk, 2014, p. 303). Negar que a formação fosse um organismo complexo deu uma maior liberdade aos biólogos. Nem todos os tipos de vegetação atingiriam o estágio de um clímax climático e havia a possibilidade de uma sucessão retrogressiva. (Van der Valk, 2014, p. 315).

Após a publicação de Tansley (1935), o termo ecossistema apareceu pouco na literatura na Grã-Bretanha e mesmo no âmbito mundial esteve pouco presente. Após ter sido utilizado por Raymond Lindeman (1942), foi retomado somente na década de 1950 (Kato & Martins, 2016, p. 198).

Avançando um pouco no tempo, qual seria a visão que se tem atualmente de clímax? De acordo com Ricklefs, houve mudanças em relação à conotação do termo “clímax”, embora ele continue sendo empregado. Em suas palavras:

O conceito de clímax como sistema fechado foi naturalmente modificado, até ser rejeitado pela maioria dos ecólogos. As comunidades são mais comumente vistas como sistemas abertos, cuja composição varia continuamente através dos gradientes ambientais. Além disso, vários fatores podem resultar em comunidades de “clímax” alternativas. Esses fatores incluem a intensidade da perturbação e tamanho da área que ela produz, assim como as condições físicas durante a sucessão. (Ricklefs, 2010, p. 355)

Eville Gorham comenta que Clements considerava o clima como fator determinante embora reconhecesse que outros fatores - por exemplo, o fogo - poderiam impedir o estabelecimento do "clímax climático". Porém, os ecólogos posteriores passaram a admitir a existência de interações entre vários fatores determinantes como o clima, a topografia, o solo, a água, o fogo, flora e fauna capazes de colonizar um determinado local. (Gorham, 2011, pp. 325-326). Em relação ao que se considera atualmente sobre o clímax, Gorham se referiu ao “clímax ecológico” nos seguintes termos:

O clímax ecológico é o aparente término da sucessão direcional - a substituição de uma comunidade por outra. O fato de o término ser apenas aparente significa que o clímax pode ser alterado por distúrbios periódicos, como secas ou distúrbios estocásticos, como erupções vulcânicas. Também pode mudar extremamente lentamente devido à imigração e emigração graduais. Frequentemente, o clímax é um mosaico mutável de diferentes estágios de sucessão em um estado mais ou menos estável geral, como em muitas comunidades de clímax que estão sujeitas a incêndios frequentes. As espécies que ocorrem em comunidades de clímax são principalmente boas concorrentes e tolerantes aos efeitos (por exemplo, sombra, competição de raízes) das espécies ao redor, em contraste com os colonos oportunistas das primeiras comunidades sucessionais. Estes últimos costumam ser particularmente adaptados para ampla dispersão e reprodução abundante, levando ao sucesso em habitats recém-abertos, onde a competição não é intensa (Gorham, 2011, pp. 325-326)

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo procurará inicialmente responder às questões que nortearam a pesquisa cujo objetivo foi discutir como se deu o desenvolvimento do conceito de clímax por Frederic Edward Clements (1874-1945), no período compreendido entre 1904 e 1936, bem como ele foi recebido por parte da comunidade científica da época. A seguir, apresentará algumas considerações sobre o assunto estudado.

Para facilitar a leitura, reproduzimos abaixo as questões que nortearam a pesquisa.

- a) Como se apresentava o panorama dos estudos ecológicos na primeira, segunda e terceira décadas do século XX?
- b) Como é apresentado o conceito de clímax em Clements, 1904; 1905; 1916 e 1936? Houve alguma mudança significativa de 1904-1905 para 1936?
- c) Quais as evidências em que se baseou Clements para elaborar o conceito de clímax em 1904-1905; 1916 e 1936?
- d) Pode-se dizer que suas concepções a respeito do clímax estavam bem fundamentadas para a época?
- e) Como o conceito de clímax se relacionava com outros conceitos adotados por Clements?
- f) Como foi recebida a proposta do clímax pelos colegas de Clements na época considerada? E posteriormente?
- g) Sabemos que Tansley criticou a ideia de organismo complexo de Clements preferindo o termo “ecossistema”, mas qual era sua posição em relação ao clímax?
- h) Afinal para Clements “organismo complexo” era uma metáfora ou não?

As contribuições de Clements se encontram na época em que estava ocorrendo institucionalização da ecologia, ou seja, nas três primeiras décadas do século XX. No início deste século, dois grupos de botânicos, um na Europa e outro nos Estados Unidos, estavam estudando as comunidades vegetais com enfoques diferentes. Os botânicos europeus estudavam a composição, a estrutura e a distribuição das comunidades vegetais, enquanto os americanos estudavam o desenvolvimento dessas comunidades, ou sua sucessão. Na primeira década do

século XX, pode-se dizer que se destacou a concepção de sucessão ecológica de Henry Cowles (1869-1939) e Clements. De um modo geral, suas ideias tiveram uma boa aceitação nesse período, agregando vários adeptos. Nos anos que se seguiram, diferentes interpretações, terminologia e conceitos foram sendo propostos pelos investigadores até que a comunidade científica chegou a um consenso adotando alguns deles e descartando outros.

Segundo Tobey (1976), a teoria da sucessão de Clements, que apareceu inicialmente (Clements, 1904; Clements, 1905), se inspirou nas contribuições de Charles Bessey (1845-1915) cujo trabalho botânico tinha aplicações à agricultura. Nos Estados Unidos a ecologia dinâmica se desenvolveu como consequência do conhecimento tecnológico na agricultura e em resposta às necessidades da tecnologia agrícola. (Tobey, 1976, p. 728).

No final da década de 1920 e o início da década de 1930, nos Estados Unidos ocorreu o incidente do *Dust Bowl* (ver Cap. 1, p. 26) e suas consequências, o que atraiu a atenção dos ecólogos. Além disso, o desenvolvimento da agricultura, pecuária, indústria, aumento da população, poluição, preocuparam os estudiosos incluindo os ecólogos. Na década 1930 emergiram dois enfoques nos estudos ecológicos na Grã-Bretanha. Estes se desenvolveram com base em dois meios físicos e sociais diferentes: na Inglaterra, em Oxford, com Tansley, e na África do Sul, com Jan Smuts (Thomas, 2005, p. 143; Kato & Martins, 2016, p. 191).

Quanto ao conceito de clímax proposto por Clements, em primeiro lugar, percebemos claramente que não é possível dissociá-lo de suas outras concepções suas como a associação por exemplo, que ele relacionou a um organismo complexo (Clements, 1905). Inicialmente Clements procurou explicar a vegetação, referindo-se a vários termos, alguns que já haviam sido utilizados por outros autores e outros introduzidos por ele (Clements, 1904; Clements, 1905). Todavia, não se referiu ao termo clímax ou à sua conotação. O termo só apareceu mais tarde (Clements, 1916). Somente nessa ocasião Clements, após ter desenvolvido vários estudos e observações da vegetação que se sentiu seguro para afirmar que suas concepções originais podiam ser aplicadas universalmente. Ele definiu a sucessão de plantas como um processo de desenvolvimento que após passar por uma série bem definida de estágios, atinge sua maturidade ou “clímax”. Desse modo, o clímax seria o estágio final da sucessão ou sere, o organismo adulto. Discutiu também sobre as causas, processos, fatores e período de duração do clímax. Relacionou a sucessão diretamente à natureza do clímax climático. Em seu último trabalho (Clements, 1936) analisado nesta dissertação, apresentou uma discussão detalhada sobre a natureza do clímax abordando unidade; estabilização e mudança; origem e relação, enfatizando a necessidade de testes objetivos. Ele esclareceu que a unidade do clímax “não é meramente a resposta a um clima específico, mas é ao mesmo tempo a expressão e o indicador disso”.

Acrescentou que o clímax possuía uma ontogenia e uma filogenia e apresentou vários tipos de formação clímax.

Assim, foi possível perceber que, com base em suas investigações durante várias décadas, Clements propôs vários conceitos e que o conceito de clímax não surgiu de imediato já que não apareceu em suas publicações iniciais (Clements, 1904; 1905). Nas publicações em que consta (Clements, 1916; 1936) não detectamos modificações significativas, apenas um maior detalhamento e inclusão de vários tipos de clímax. Isso corrobora a visão de que ideias ou conceitos não nascem prontos. Geralmente os cientistas se baseiam em evidências obtidas pela observação e/ou experimentação para propor hipóteses, teorias ou mesmo conceitos.

A concepção de clímax de Clements foi resultado de suas investigações das Montanhas Rochosas canadenses e das pradarias americanas, bem como das pesquisas de outros autores. Seu ponto de partida para o estudo do desenvolvimento da vegetação foi investigar o processo de formação, levando em consideração seu desenvolvimento e estrutura. No decorrer de sua carreira, Clements observou e comparou vários processos da vegetação. Como vimos no Capítulo 2, ele procurou conferir uma maior precisão às suas investigações com o uso de aparelhos.

De um modo geral, pode-se dizer que as concepções ecológicas de Clements, incluindo o clímax, estavam bem fundamentadas. Como mencionamos anteriormente, foram resultado de seus estudos desenvolvidos desde o final do século XIX, durante várias décadas e também de trabalhos anteriores de outros autores aos quais ele se referiu em suas publicações. Inicialmente ele estudou as formações de pastagens e florestas de Nebraska e a vegetação das Montanhas Rochosas do Colorado, a que se dedicou durante toda a sua carreira. Em 1905, iniciou uma nova linha de pesquisa aplicando métodos experimentais ao estudo da vegetação como um organismo e também realizou experimentos de controle com plantas sob diferentes situações em relação à água, umidade e luz nas Montanhas Rochosas do Colorado, e seu principal objetivo era determinar com precisão as diferenças entre dois ou mais habitats. Realizou uma investigação intensa entre 1913 e 1914 e fez testes por toda a vegetação da metade ocidental do continente e toda área que se estende das Grandes Planícies à costa do Pacífico e das Montanhas Rochosas canadenses à fronteira mexicana. Porém, não foi muito feliz com sua concepção de organismo complexo, o que lhe valeu muitas críticas conforme discutido no Capítulo 3 desta dissertação.

Pode-se dizer que a ideia defendida por Clements de um monoclímax, o clímax da unidade vegetal sendo determinada apenas pelo clima, foi aceita por alguns de seus colegas como Cowles, por exemplo. Porém, Cowles considerava que a sucessão poderia ter também um

direcionamento regressivo, ao contrário de Clements. Além disso, não relacionava o clímax a um organismo complexo como Clements. Henry Gleason (1882–1975) rejeitou a ideia de monoclímax de Clements, considerando-a radical. O mesmo se aplicou à ideia de organismo complexo. Forrest Shreve (1878- 1950) negou a existência do clímax. William Cooper (1884-1978) considerava que a ideia de clímax demandava mais reflexões e negou a concepção de organismo complexo.

Na Grã-Bretanha, Arthur Tansley (1871-1955) criticou Clements (1916) por adotar um pensamento radical ao se recusar a reconhecer quaisquer formações, exceto as determinadas pelo clima. Além disso, mencionou que os indivíduos que constituem a comunidade humana mantêm um “grau de autonomia” que as partes de um organismo não possuem, podendo exercer todas as funções essenciais da vida quando estão separados da comunidade como tal (Tansley, 1920). Assim, questionou a ideia de um organismo complexo de Clements propondo o ecossistema (Kato & Martins, 2016). Apesar de reconhecer a importância do clímax, negou que ele fosse apenas climático. A seu ver, o clímax não poderia ser determinado apenas pelo clima, mas também pela combinação de outros fatores, como topografia, nutrientes, umidade no solo, ação do fogo e animais. Por isso, ele defendeu a ideia de um “policlímax”.

Mais tarde, após a morte de Clements, na década de 1950, Robert Whittaker (1920-1980) ponderou que a ideia de um clímax climático ou teoria do monoclímax era insustentável. Propôs o “clímax padrão”, onde reconheceu uma variedade de clímaxes regidos pelas respostas da comunidade às condições de estresses bióticos e abióticos do ambiente. Ou seja, a vegetação não está sujeita somente às condições climáticas, edáficas ou topográficas, mas sim ao resultado do que cada ser vivo produz, se afeta o ambiente, além de ações de forças abióticas.

A análise desenvolvida levou a crer que a concepção de organismo complexo de Clements não foi utilizada metaforicamente. Ele entendia literalmente a vegetação como um organismo complexo o que incluía aspectos ontogenéticos e filogenéticos. Provocou críticas da parte de seus colegas, incluindo Tansley, porque as unidades que compõem a vegetação podem ser entendidas separadamente, ao contrário das partes que integram um organismo.

Como foi possível perceber ao longo da dissertação, a proposta de Clements abrangia vários aspectos, a saber:

- A sucessão envolve várias etapas sendo progressiva e culminando no clímax.
- As etapas incluem inicialmente ambientes desprovidos de vegetação, seguidos por populações pioneiras (ou eceses), posteriormente as intermediárias (ou seres), até que se alcance o clímax.
- A formação do clímax envolve vários processos ou funções essenciais, devendo progredir de um estágio para outro e, finalmente, terminar no mais alto estágio possível.

- A vegetação é um organismo complexo. Isso implica em que não pode ser entendida a partir de suas partes isoladamente.

As críticas se dirigiam principalmente ao clímax climático e a ideia de organismo complexo. Mas foi possível perceber que durante um tempo as ideias de Clements tiveram uma boa aceitação por parte da comunidade científica da época. Mas, mesmo quando começaram a ser questionadas, suas contribuições pioneiras continuaram sendo consideradas relevantes para a ecologia. Talvez isso se deva também ao seu esforço em dar uma base empírica para os estudos ecológicos com a utilização de instrumentos, etc.

Do ponto de vista não epistêmico, a descrição da personalidade de Clements encerra contrastes. Ao mesmo tempo em que ele é descrito como educado, culto e amável, percebe-se que ele muitas vezes impunha suas ideias, dominando o grupo de pesquisa que agregou. Isso é mostrado pela saída de um de seus alunos e importante colaborador para poder manter sua autonomia intelectual como mencionado no Capítulo 1. Além disso, Clements teve conflitos com seus colegas da própria instituição como Shreve ou Spoehr (ver Capítulo 1).

Concordamos em que o trabalho desenvolvido por Clements nos três laboratórios (*Carnegie* em Tucson, Santa Barbara e *Pikes Peak*,) contribuiu de maneira significativa para os estudos ecológicos e para a institucionalização da ecologia, apesar das críticas recebidas. Propôs termos que são utilizados até hoje, desenvolveu um manual para o estudo da ecologia, métodos e instrumentos para a pesquisa de campo que serviram como ponto de partida para outros estudos. Formou uma escola. Porém, não podemos deixar de mencionar as contribuições de sua esposa Edith Clements (1874–1971). Além de ter colaborado como ilustradora das obras de Clements, foi também sua assistente, coautora e o incentivou em suas escolhas profissionais. Adicionalmente, concluiu obras inacabadas de Clements e as publicou. Como toda área de estudo, a ecologia resultou de um trabalho coletivo com contribuições de vários cientistas, alguns dos quais foram mencionados nesta dissertação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOT, Pascal. *História da ecologia*. Trad. Carlota Gomes. 2^a. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- ANKER, Peter. *Imperial Ecology: environmental order in British Empire, 1895-1945*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2001.
- ARÊDES, Marília Nunes. *Humboldt e a geografia das plantas*. Dissertação (Mestrado em História da ciência) – Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2001.
- BROWNE, Janet. *The secular ark: studies in the history of biogeography*. New Haven: Yale University Press, 1983.
- CAIN, Stanley A. Henry Allan Gleason: eminent ecologist. *Bulletin of the Ecological Society of America*, **40**: 105-110, 1959.
- CAMERON, Laura J. Tansley, Arthur George. Pp. 3-10. in: KOERTGE, Noretta., (Ed). *New Dictionary of Scientific biography*. Vol. 7, Detroit: Charles Scribner's Sons, 2008.
- CITTADINO, Eugene. Cowles, Henry Chandler. Pp. 186-190. in: KOERTGE, Noretta., (Ed). *New dictionary of scientific biography*. Vol. 2, Detroit: Charles Scribner's Sons, Gale, 2008.
- CLEMENTS, Edith. S. *Adventures in ecology: half a million miles: from mud to Macadam*. New York: Pageant Press. Inc., 1960
- CLEMENTS, Frederic E. The development and structure of vegetation. Studies in the vegetation of the State. *Reports of Botanic Survey of Nebraska*, **7**: 2-175, 1904.
- CLEMENTS, Frederic E. *Research methods in ecology*. Lincoln: University of Nebraska Press, 1905.
- CLEMENTS, Frederic E. *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1916.
- CLEMENTS, Frederic E. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology*, **24**: 252-284, 1936.
- CLEMENTS, Frederic. E.; CLEMENTS, Edith. S. *Rocky mountain flowers*. New York: H. W. Wilson Company, 1914.

- COOPER, William S. The climax forest of Isle Royale, Lake Superior, and its development. I. *Botanical Gazette*, **55**, (1): 1-44, 1913.
- COOPER, William S. The fundamentals of vegetational change. *Ecology*, **7**: (4), 391-413, 1926.
- COWLES, Henry C. The physiographic ecology of Chicago and vicinity; a study of the origin, development, and classification of plant societies. *Botanical Gazette*, **31**: (3), 145-182, 1901.
- COWLES, Henry C. Review: Plant Succession. *Botanical Gazette*, **68**: (6), 477-478, 1919.
- COWLES, Henry C. Persistence of prairies. *Ecology*, **9**: (4), 380-382, 1928.
- GLEASON, Henry A. The structure and development of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, **44**: (10), 463-481. 1917.
- GODWIN, Harry. Arthur George Tansley (1871-1955). *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, **3**, 227-246. 1957.
- GORHAM, Eville. Clímax. Pp. 325-326, in: BLANCHFIELD, Deirdre S.; (Ed). *Environmental encyclopedia*. vol. 1, 4th ed., Farmington Hills: Gale, Cengage Learning, 2011.
- HAGEN, J. B. Clementsian Ecologists: The internal dynamics of a research school. *Osiris*, **8**, 178-195, 1993.
- HAGEN, Joel. Clements, Frederic Edward. Pp. 152-154, in: KOERTGE, Noretta., (Ed). *New Dictionary of Scientific biography*. Vol. 2, Detroit: Charles Scribner's Sons, 2008.
- HUMBOLDT, Alexander; BONPLAND, Aimé. *Essai sur la géographie des plantes*. Paris: Chez Levrault, Schoell et Compagnie, Libraires, 1805.
- KATO, Danilo S.; MARTINS, Lilian Al-Chueyr P. A “sociologia de plantas”: Arthur George Tansley e o conceito de ecossistema (1935). *Filosofia e História da Biologia*, São Paulo, **11** (2): 189-202, 2016.
- KELLER, David R.; GOLLEY, Frank B. (Eds.). *The philosophy of ecology*. Athens/London: University of Georgia Press, 2000.
- KINGSLAND, Sharon. *The evolution of American ecology*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005.
- LAWRENCE, Donald B. William Skinner Cooper (1884-1978). *Bulletin on the Ecological Society of America*, **60**: (1), 18-19, 1979.

- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da ciência: objetos, métodos e problemas. *Ciência & Educação*, **11**: (2), 305-317, 2005.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Darwin e os darwinistas. *Revista USP*, São Paulo, n. 123, pp. 119-130, 2019.
- MCINTOSH, Robert P. Pioneer support for ecology. *BioScience*, **33**: (2), 107-112, 1983.
- MCINTOSH, Robert P. *The background of ecology: concept and theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- OBERG, Jon H., *Founders of Plant Ecology: Frederic and Edith Clements* (Lincoln, NE: UNL Digital Commons, 2019). 21p. Disponível em: <<https://digitalcommons.unl.edu/unsmaffil>>. Acesso em: 10 Jan. 2020.
- OGILVIE, Marilyn; HARVEY, Joy. *The biographical dictionary of women in science: pioneering lives from ancient times to the mid-20th century*. Pp: 545-546. London: Routledge, 2003.
- PIQUERAS, Marcos M. *As contribuições de Henry Allan Gleason para a ecologia, um estudo histórico: o desenvolvimento do conceito individualístico de associação de plantas (1917-1939)*. Dissertação. FFCLRP, Universidade de São Paulo. 2015.
- POOL, Raymond J. A brief sketch of the life and work of Charles Edwin Bessey. *American Journal of Botany*, **2** (10): 505-518, 1915.
- POUND, Roscoe; CLEMENTS, Frederic Edward. *The Phytogeography of Nebraska*. Lincoln: Jacob North and Company, 1898.
- RICKLEFS, Robert E. *A economia da natureza*. Trad. Pedro Paulo de Lima-e-Silva. 6ª. ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010
- SHANTZ, Homer L. Frederic Edward Clements (1874–1945). *Ecology*, **26**: (4) 317-319, 1945.
- STAUFFER, Robert C. Haeckel, Darwin, and ecology. *The Quarterly Review of Biology*, **32**: (2), 138-144, 1957.
- TANSLEY, Arthur George. International Phytogeographic Excursion (IPE) in America, 1913. *New Phytologist*, **12**: 9), 322-336, 1913.
- TANSLEY, Arthur G. The Classification of Vegetation and the Concept of Development. *Journal of Ecology*, **8**: (2), 118-149, 1920.

- TANSLEY, Arthur G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, **16**: (3), 284-307, 1935.
- TANSLEY, Arthur G. Obituary notice: Frederic Edward Clements, 1874-1945. *Journal of Ecology*, **34** (1): 194-196, 1947.
- TOBEY, Ronald. Theoretical science and technology in American ecology. *Technology and Culture*, **17**: (4), 718-728, 1976.
- TUCKER, Maurice E. *Rochas Sedimentares: guia geológico de campo*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2014
- VAN DER VALK, Arnold G. From formation to ecosystem: Tansley's response to Clements' climax. *Journal of the History of Biology*, **47**: (2), 293-321, 2014.
- WARMING, E. *Plantesamfund: grundtræk af den økologiske plantegeografi*. Philipsen, 1895.
- WESTMAN, W. E.; PEET, R. K. Robert H. Whittaker (1920-1980): The man and his work. *Vegetatio*, **48**: (2), 97-122, 1982.
- WHITE, James Terry; DERBY, George (Eds.). Clements, Frederic Edward, Pp. 266-267. *The National Cyclopædia of American Biography: Being the history of the United States as illustrated in the lives of the founders, builders, and defenders of the Republic, and of the Men and Women who are doing the work and moulding the thought of the present time*. New York: J. T. White & Company. Vol 34, 1948.
- WHITTAKER, Robert H. A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecological monographs*, **23**: (1), 41-78, 1953.
- WHITTAKER, Robert H. Climax concepts and recognition. Pp. 137-154. in: KNAPP, R.; (Ed). *Vegetation dynamics*. Dordrecht: Springer, 1974.
- YOUNG, Gerald L. Henry A. Gleason (1882-1975) Pp. 762-764. in: BLANCHFIELD, Deirdre S.; (Ed). *Environmental encyclopedia*. vol. 1, 4th ed., Farmington Hills: Gale, Cengage Learning, 2011.