BRUNO TRAVASSOS-DE-BRITTO

**DOS MODELOS PARA TEORIAS
UMA ABORDAGEM BOTTOM-UP PARA IDENTIFICAR
PROPOSIÇÕES DE TEORIAS CONSTITUTIVAS**

**FROM MODELS TO THEORIES
A BOTTOM-UP APPROACH TO IDENTIFY PROPOSITIONS OF
CONSTITUTIVE THEORIES**

São Paulo
2017

BRUNO TRAVASSOS-DE-BRITTO

**DOS MODELOS PARA TEORIAS
UMA ABORDAGEM BOTTOM-UP PARA IDENTIFICAR
PROPOSIÇÕES DE TEORIAS CONSTITUTIVAS**

**FROM MODELS TO THEORIES
A BOTTOM-UP APPROACH TO IDENTIFY PROPOSITIONS OF
CONSTITUTIVE THEORIES**

Versão original da tese apresentada ao
Instituto de Biociências da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Doutor
em Ciências, na Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Inácio de Knegt
López de Prado

São Paulo
2017

Ficha catalográfica

Travassos-de-Britto, Bruno

Dos modelos para teorias: uma abordagem bottom-up para organizar proposições em teorias constitutivas

Número de páginas: 148 páginas

Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia.

1. Formulação de Teoria 2. Organização conceitual 3. Ecologia teórica. I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Ecologia.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Prof. Dr. Paulo Inácio Knecht López de Prado
(Orientador)

Agradecimentos

Agradeço pelas contribuições na construção da tese à Charbel El-Hani e Renata Pardini, membros do comitê de acompanhamento, à novamente Renata Pardini e também à Daniela Scarpa e Maria Elice Prestes, membros da banca de avaliação para qualificação. Agradeço à USP, Instituto de Biologia e Programa de pós-graduação em Ecologia, que forneceram toda infraestrutura para o acontecimento desse estudo. Agradeço à CAPES por fornecer a bolsa de doutorado durante o período da tese.

Gostaria de agradecer especialmente a todos aqueles que me ensinaram coisas ao longo desse processo. Em particular àqueles que me ensinaram coisas sem perceber. Àqueles que me ensinaram que viver é ser um aluno incondicional.

Agradeço em especial à minha companheira de vida, amor, carinho e jornada Camila C. Hohlenwerger e que felizmente também é uma companheira acadêmica em muitos momentos. Obrigado por me ensinar que companheirismo tem a ver com crescimento mútuo, tem a ver com encontrar a pessoa certa, mas também ser a pessoa certa. Obrigado por regar todo esse aprendizado com muito carinho e atenção.

Agradeço à minha família por me ensinar que ser diferente as vezes é legal. Obrigado por me ensinar a pensar fora da caixa. E obrigado por me ensinar, principalmente nesses últimos anos, que estar longe geograficamente não significa estar longe em pensamento, alinhamento e cuidado.

Agradeço aos meus amigos, que fazem nossa vida mais rica, divertida e aventureira. Em especial, gostaria de agradecer àqueles que estiveram mais próximos nos anos de produção desse manuscrito. Obrigado à Andrés Rojas por me ensinar que o mundo está todo conectado por gente interessante, inteligente, com vontade de aprender, mesmo que às vezes essas pessoas pareçam um pouco atrapalhadas. Obrigado à João Menezes por me ensinar que a brincadeira mais divertida é aquela que se brinca em conjunto. Obrigado à todos os meus amigos espanablantes, em especial Rosa Quesada, por me ensinarem que amizade pode ser falada em mais de uma língua. Obrigado aos amigos da LAGE por me ensinarem que a melhor diversidade as vezes é a de pessoas. Obrigado aos amigos do programa, em especial aos do LEPAC, por me ensinarem que muitas vezes integração departamental tem a ver com conexão entre amigos.

Agradeço a meu orientador Paulo Inácio Prado que me ensinou muito mais que exigia a descrição do cargo. Obrigado por me ensinar que a vida acadêmica é mais dócil se você a trata com docilidade. Obrigado por me ensinar que a contribuição que a gente pode dar para sociedade enquanto cientista vai além das nossas teses sobre o mundo natural. Obrigado por me ensinar que a nossa racionalidade pode ser usada para fazer da sociedade um lugar mais sensível às necessidades alheias e não o contrário.

Gostaria de agradecer nominalmente a todas as pessoas que me ajudaram nas minhas coletas de dados, me ensinando que academia pode ser dura, mas também está cheia de pessoas interessadas em ajudar quem precisa. Alexandre Palaoro, Camila Hohlenwerger, Danilo Muniz,

Diana Garcia, Felipe Ernesto Mendes, Francisco D'Albertas, Giulia Bispo, Gregory Pitta, Isabella Romitelli, João Menezes, Liedson Carneiro, Luanne Souza, Lucas Teixeira, Melina Leite, Nathalia Helena Azevedo, Paulo Inácio Prado, Renata Orofino, Renata Pardini, Rodolfo Pelinson, Rodolpho Leporoni, Rosannete Quesada, Samanta Iop, Sara Mortara, Vinicius Caldart.

Obrigado pelo aprendizado!

Resumo

Existem diferentes visões sobre a natureza de teorias científicas do mundo natural. A mais adotada atualmente é a visão semântica de teoria, na qual uma teoria é uma família de modelos unificada por proposições semânticas. A ecologia é uma ciência repleta de proposições amplamente aceitas, mas que sofre constantes críticas ao estado de desenvolvimento teórico. Essas críticas podem ser justificadas porque as proposições semânticas dentro dos sub-domínios da ecologia nem sempre estão explícitos, o que passa a impressão de uma desunião teórica entre os seus subdomínios. Uma vertente da visão semântica de teoria, a *visão pragmática*, assume que as teorias científicas não precisam estar explicitadas em algum lugar para existir. Sob essa visão, mesmo quando as proposições da teoria sobre um fenômeno não foram elencadas explicitamente, cientistas continuam construindo e explorando modelos que possuem bases teóricas comuns. Essas bases teóricas seriam as proposições fundamentais da teoria desse fenômeno. Uma proposta de tentar identificar as proposições fundamentais da ecologia e seus subdomínios já foi feita. Entretanto, essa proposta foi feita sem método explícito, apenas consultando autoridades em cada subdomínio para elaborar, com base em suas percepções, quais são as proposições de determinado domínio. A tese apresentada nesse manuscrito é que existe um método sistematizado para identificar as proposições de um domínio e existem vantagens associadas a aplicação desse método. Esse método se baseia na análise dos modelos mais importantes dentro de um domínio específico e a identificação de proposições comuns que unificam esses modelos.

O primeiro capítulo desse manuscrito é apresentação do método. Nesse capítulo apresentamos a contextualização teórica e justificativa do método, bem como o detalhamento dos passos metodológicos necessários para chegar às proposições do domínio a partir dos modelos. Nesse capítulo também discutimos as visões sobre ciência e teoria que são adotadas no método e depois apresentamos benefícios de usar o método para identificar proposições de uma teoria. Concluimos que o método pode se tornar uma ferramenta para análise estrutural de teorias, para análise histórica de teorias e ele funciona como uma ferramenta geral que pode unificar subdomínios diferentes da ecologia.

O segundo capítulo é a demonstração da aplicabilidade do método. Nesse capítulo contextualizamos teoricamente a aplicação do método justificando a escolha do domínio no qual o método foi aplicado. Selecionamos a área de sucessão ecológica e seguimos os passos metodológicos indicados no capítulo 1. Escolhemos o domínio de sucessão ecológica pois esse domínio é conceitualmente coeso e já existe uma proposta semântica explícita de teoria para esse domínio. Como primeiro teste do método, essas características tornam mais fáceis a aplicação e análise dos resultados que o método é capaz de retornar. Nesse capítulo comparamos as proposições feitas previamente por autoridades no domínio com os modelos identificados como os mais relevantes dentro do domínio conforme o método apresentado. A partir dessa comparação, concluimos que as proposições feitas pelas autoridades do domínio não refletem perfeitamente a atividade da comunidade. Uma das principais divergências entre o proposto pelas autoridades e o nosso

resultado é que a comunidade parece estar usando com frequência mecanismos neutros para explicar sucessão, boa parte das proposições feitas pelas autoridades é inválida em modelos neutros. Depois da análise das proposições feitas pelas autoridades, elencamos as proposições mais adequadas para unificar o conjunto de modelos mais importantes do domínio de sucessão. Concluimos que o método é capaz de retornar um conjunto de modelos que podem ser usados para elaborar proposições de um domínio. Entretanto, os resultados de cada etapa podem ser analisados para entender a estrutura da teoria de um domínio.

Abstract

There are different views about the nature of scientific theories of the natural world. Currently, the most adopted one is the semantic view of theory, in which a theory is a family of models unified by semantic propositions. Ecology is a science with many widely accepted propositions, but it suffers constant criticism about the state of its theoretical development. These criticisms might exist because the semantic propositions within the sub-domains of ecology are not always explicit, which gives the impression of a theoretical disunity within ecology. A strand of the semantic view of theory, the pragmatic view, assumes that scientific theories need not be made explicit to exist. Under this view, even when the propositions of the theory about a phenomenon are not explicitly listed, scientists continue to construct and explore models that have common theoretical bases. These theoretical bases are the fundamental propositions of the theory of this phenomenon. A proposal to try to identify the fundamental propositions of ecology and its sub-domains has already been made. However, these proposals were made without an explicit method that showed that the propositions in fact reflect the activity of scientists in the domain. The thesis presented here is that there is a systematized way to identify the propositions of a domain. The study that led to this thesis is the development and discussion of the detailed method to systematize the identifications of propositions based on the activity of the scientific community. This method is based on the analysis of the most important models within a specific domain and the identification of common propositions that unify these models.

The first chapter of this manuscript is the presentation of the method. In this chapter we present the theoretical context and justification of the method, as well as details of the methodological steps necessary to arrive at the propositions of the domain from the models. In this chapter we also discuss the views on science and theory that are assumed in the method and then present the benefits of using the method to identify propositions of a theory. We conclude that the method can become a tool for structural analysis of theories, for historical analysis of theories and it functions as a general tool that can unify different sub-domains of ecology.

The second chapter is the demonstration of the applicability of the method. In this chapter we contextualize theoretically the application of the method justifying the choice of the domain in which the method was applied. We select the area of ecological succession and follow the methodological steps indicated in chapter 1. We chose the domain of ecological succession because this domain is a conceptually cohesive domain and there is already an explicit semantic proposal of theory for this domain. As a first test of the method, these characteristics make it easier to apply and analyze the results that the method can yield. In this chapter we compare the propositions previously made by authorities in the domain with the models identified as the most relevant within the domain according to the presented method. From this comparison we conclude that the propositions made by the authorities of the domain do not perfectly reflect the activity of the community. One of the main divergences between the propositions made by the authorities and our results is that the community is often using neutral mechanisms to explain

succession, most of the propositions made by the authorities are invalid in neutral models. After analyzing the propositions made by the authorities, we have made propositions that are better suited to unify the set of the most important models of the domain of succession. We conclude that the method is able to return a set of models that can be used to elaborate propositions of a domain. However, the results of each step can be analyzed to understand the structure of a domain theory.

Sumário

1	ABoUT – Análise <i>Bottom-Up</i> de Teorias	1
1.1	Sinopse do artigo	1
1.2	Artigo anexo	3
	Página de título	3
	Introdução	4
	ABoUT – Análise bottom-up de teorias	6
	Quadro 1.1 – Passos metodológicos do ABoUT	7
	Premissas do ABoUT	8
	Visão pragmática de teorias	8
	Ciência como um sistema	9
	Benefícios do ABoUT	10
	Análise estrutural de teorias	10
	Análise histórica de teorias	10
	Replicabilidade	11
	Ferramenta geral	11
	Conclusões	12
2	A aplicação do ABoUT em sucessão	14
2.1	Introdução	14
2.2	Execução do método	16
2.2.1	Definição do domínio	16
2.2.2	Identificação das atividades no domínio	16
2.2.3	Identificação das publicações relevantes	17
2.2.4	Identificação dos modelos	19
	Quadro 2.1 – Passos da aplicação do NGT adaptado	19
2.3	Princípios de avaliação das proposições	20
2.3.1	Validade das proposições nos modelos	20
2.3.2	Relevância das proposições nos modelos	21
2.4	Proposições de Pickett et al e a avaliação do ABoUT	22
2.4.1	Proposições sobre os atores da sucessão	23
2.4.2	Proposições sobre as causas da sucessão	27
2.4.3	Proposições sobre a trajetória da comunidade.	31

2.5	Discussão	33
2.5.1	Aplicação do método e divergências	33
2.5.2	Visão clássica e moderna de sucessão	36
2.5.3	Conceitos e mecanismos importantes para sucessão	37
2.5.4	As proposições da teoria pragmática de sucessão	39
	Quadro 2.2 – Proposições pragmáticas da teoria de sucessão	39
2.6	Conclusão	42
	Considerações finais	43
	Glossário	45
	Referências Bibliográficas	46
	Anexo I – Modelos identificados	53
	Anexo II – Instruções para colaboradores	62

1 — ABoUT – Análise Bottom-Up de Teorias

O conteúdo deste capítulo integra o artigo: Travassos-de-Britto B., Pardini R., El-Hani C. e Prado P. "From model to theories: a bottom-up approach to theories in ecology" que está em preparação e será submetido a revista Oikos (ISSN: 1600-0706). O manuscrito conforme elaborado está disponível nas próximas sessões.

1.1 Sinopse do artigo

Existe um debate sobre a existência de teorias na ecologia. Alguns participantes nesse debate defendem que a teoria de um domínio pode não ter sido explicitada, mas existe implicitamente nas atividades dos cientistas estudando o domínio. No entanto, até o momento nenhum método tinha sido proposto para analisar a atividade dos cientistas em um domínio e organizar a teoria implícita em tal domínio. Neste estudo, propomos um método para identificar e organizar proposições estruturadas de teorias constitutivas. Nós argumentamos que um domínio de estudo pode ser demarcado em torno das atividades de uma comunidade que estuda um tipo específico de fenômeno. Os membros desta comunidade compartilham um conjunto de pontos de vista comuns sobre esse fenômeno e essas opiniões comuns são muitas vezes declaradas como proposições. Por sua vez, essas proposições descrevem fenômenos e apoiam o desenvolvimento de novos modelos sobre os fenômenos. A identificação dessas proposições é, na verdade, a identificação da espinha dorsal da teoria compartilhada por esta comunidade. O método que propomos permite a identificação dessas proposições através da análise da estrutura de citações e do conteúdo das citações dentro de uma rede. O método proposto pode ser descrito como as seguintes etapas: (1) a definição de um domínio de estudo, (2) a identificação de atividades científicas dentro do domínio, (3) a identificação das publicações mais relevantes no domínio, (4) a identificação dos modelos mais relevantes em publicações relevantes (5) síntese de proposições que unificam esses modelos. Discutimos as premissas do método, implicações práticas e conceituais de cada etapa

do método e concluímos que esta abordagem pode tornar o processo de organização de uma teoria mais eficiente em relação ao seu desenvolvimento dentro do domínio definido. O método tem potencial para se tornar uma ferramenta comum compartilhada por cientistas interessados em organizar proposições em seu próprio domínio de expertise. Isso deve conectar mais cientistas em torno de questões relacionadas à estrutura teórica em ecologia.

From models to theories: A bottom-up approach to theories in ecology

Bruno Travassos-de-Britto^{1,2} * Renata Pardini² * Charbel N. El-Hani³ * Paulo Inácio Prado²

Abstract

Recently, an explicit structure for ecological theory was proposed: a hierarchical framework in which the general theory of ecology encompasses some constitutive theories, which in turn are structured by semantic propositions. However, there is no explicit method to identify constitutive theories and its propositions in a way we can organize widely recognized propositions into this theoretical framework. In this study, we propose a method to identify constitutive theories and the propositions that structure constitutive theories. We argue that a domain of study can be fixed around a community studying a specific type of phenomenon. Members of this community share a set of common views about this phenomenon and these common views are often stated as propositions. In turn, these propositions describe phenomena and support the development of new models concerning the phenomena. The identification of these propositions is actually the identification of the backbone of the theory shared by this community. The method we propose allows for the identification of these propositions by analyzing citation structure and the content of the citations within a network. The proposed method can be described as the following steps: (1) the definition of a domain of study, (2) the identification of scientific activities within the domain, (3) the identification of most relevant publications within the domain, (4) the identification of most relevant models within relevant publications (5) synthesis of propositions that unify these models. We discuss practical and conceptual implications of each step of the method and conclude that this approach can make the process of organizing a theory more efficient with regard to its development within the defined domain. The method has the potential to become a common tool shared by scientists interested in organize propositions within the proposed theoretical framework. That should connect more scientists around questions related to theory structure in ecology.

Keywords: Theory * semantic view * systemic view * theory structure * model * systemic view

¹Corresponding Author
e-mail: bruno.travassos@usp.br

²Department of Ecology, Biosciences Institute, University of São Paulo, Rua do Matão Travessa 14, nº 321, São Paulo, SP, Brazil

³General Biology Department, Biology Institute, Federal University of Bahia, Rua Barão do Geremoabo, nº 147, Salvador, BA - Brasil

Introduction

Not rarely, scientific disciplines have recurrent bursts of concern about its theoretical foundations (e. g. Rapaport, 1960; Nagel, 1961; Katz & Fodor, 1963; Stegmüller & Wohlueter, 1976; Suppe, 1977; Turner et al, 1991; Gould, 2002; Campbell & Robert, 2005; Obradovic, 2013), and the biological sciences are no exception (Rosenberg, 1985; Sober, 1997; Scheiner, 2010). Ecology has had its share of attention related to the structure of theories (El-Hani, 2006; Pickett et al, 2010; Scheiner & Willig, 2008, 2011; Marquet et al, 2014) and not without a reason. This science has suffered many criticisms concerning the development of its theoretical background. Most authors interested in the theoretical development of ecology agree that there is no explicit theoretical structure that the community of ecologists might reffer as the theory of ecology. They, however, diverge about the existence of unifying concepts that might be considered the theory. While some authors argue that ecology lacks a set of widely accepted concepts that could structure the theory of ecology (Strong, 1980; Hagen, 1989), others argue that ecology does have a set of such concepts widely recognized by the community of ecologists, but these concepts are not organized into an explicit framework, which could show the connection among these concepts (Scheiner & Willig, 2005, 2008; Kolasa, 2011; Odenbaugh, 2011; El-Hani, 2006).

Despite this divergence, ecology is considered a single domain of study, which has its own professional societies and specialized journals (Hagen, 1989), indicating an acceptance that ecologists are working to generate knowledge about a specific class of phenomena (Broszkiewicz, 2013). Given this acceptance, there are several reasons to dedicate time and resources to identify unifying concepts within ecology. By doing so, the knowledge generated in each sub-domain can be compared, for concordances, inconsistencies, and to identify knowledge gaps, and methods can be evaluated and perfected to many intended purposes (Agazzi, 2004), leading to a coherent unified theoretical framework and a more efficient analysis of natural phenomena (Scheiner & Willig, 2008; Pickett et al, 2010; Kolasa, 2011; Odenbaugh, 2011). For example, the identification of unifying concepts would avoid spurious discussions about different phenomena that receive similar names or prevent that the same phenomena are treated as more than one. A theoretical disunity within a scientific community is characterized by three aspects: (I) generation of dissociated knowledge, which ensues large conceptual gaps among sub-disciplines, (II) many specific models and few general models, and (III) the creation and maintenance of isolated communities that have their own concepts, models and theories, further promoting disunity (Pickett et al, 2010). These three aspects might push a domain into a vicious cycle of disunity. Gaps of knowledge among different sub-domains are usually difficult to identify and fill because few members of isolated communities are willing to learn the concepts, methods, models and theories of other communities (Keller, 2009; Lesser et al, 2009; Kuhn, 2012). This precludes the flux of knowledge among sub-domains, making evermore difficult to conceive unified general models, and the sub-domains develop increasingly apart. If ecology have unifying concepts that can be organized in a theoretical framework - as proposed by some authors (Lawton, 1999; Weber, 1999; Colyvan & Ginzburg, 2003; El-Hani, 2006; Scheiner & Willig, 2008; Pickett et al, 2010) - we believe that identifying and organizing these concepts would help ecologists to

identify agreements, disagreements, gaps of knowledge, and avoiding spurious discussion.

The identification and organization of concepts into a coherent framework might be considered the organization of a theory itself (Pickett et al, 2010; Scheiner & Willig, 2011). The search for widely recognized concepts within the ecological domain is not, however, the search for laws. Most discussions about the organization of theories in ecology turned into debates about the existence and relevance of laws in ecology (O'Hara, 2005; Gorelick, 2011), possibly due to the influence physics had on ecology (Hagen, 1989). Because physics has been considered a successful science, and because many models in ecology were derived from models in physics, the intuitive way to organize a successful theory of ecology has been seen by some as the structuring of a theory around laws described on first-order logic (e. g. Rosenberg, 1985; Hull, 1974). The analysis of the nature of theories in which theories must be rooted in laws described in first-order logic is known as the “syntactic view” (or the received view) of theories. By the half of the 20th Century, philosophers of science from many scientific domains (including physicists) began to abandon the view that theories should be rooted in laws described in a specific formal language (Suppe, 2000). The main criticism towards the syntactic view is that such theories are highly dependent on the language they are expressed, implying that knowledge about phenomena expressed in two different ways leads to different theories about the natural world. This characteristic of the syntactic view could lead researchers to face auto-generated problems about methods of how to analyze the world, and not about how the natural world is. Therefore, this view is not considered epistemologically sound (for a detailed discussion see Suppes, 1964; Van Fraassen, 1980, 1986; Suppe, 1977, 1989).

Authors that investigated the existence of universal laws of ecology reached the conclusion that ecology does have some largely accepted generalizations, although some might not be considered as laws (Weber, 1999; Kolasa, 2011; Colyvan & Ginzburg, 2003; Lawton, 1999). The main difference is that these generalizations are rooted on propositions and do not need to be formalized in first-order logic. Propositions are assertions that can assume the value of truth and are language-independent entities (McGrath, 2014). For example, the sentence “Populations grow exponentially in a scenario where resource is unlimited and competitors and predators are absent” may express in textual English language the same meaning of a mathematical equation, a graphical chart, or a computational simulation. The semantic meaning that makes all these representations the same is what is called “proposition”. Regardless of whether these generalizations based on propositions can be considered universal laws, they have being shown to be very useful in generating knowledge about the natural world (El-Hani, 2006).

The use of propositions and not laws to structure a theory is a more recent and most commonly held philosophical analysis of the nature of theories. This new view is known as the “semantic view” of theories (Van Fraassen, 1986; Suppe, 1989; Castle, 2001), in which propositions are the fundamental principles of the theory. The relationship between theory and real-world phenomena is not demonstrated by logical deductive experiments, as it is in the syntactic view. In contrast, within the semantic view, a theory about a natural domain should guide the construction of models that reflect the natural phenomena at least in some aspects (partial isomorphism). It is possible to have theories about almost anything, however, for the theory to have some empirical

value, its models need to be at least partially isomorphic with the phenomena being described in the model. Because models and phenomena are isomorphic in some aspects, knowledge about the models can be interpreted as knowledge about the phenomena (Swoyer, 1991; Morgan & Morrison, 1999). To organize the theory of ecology based on this most commonly accepted view of theory, it is necessary to search for propositions that are guiding ecologists in the construction of models. In this scenario, one important step to answer the question about the status of theoretical development of ecology is understand if there is a set of widely recognized propositions being used to construct models of natural phenomena. If ecology is a single domain of study, there should exist propositions that are common to the whole domain of ecology. The search for such propositions would represent an important step forward to understand the status of theoretical development in ecology.

An explicit structure for the theory of ecology, aligned with the semantic view of theory, has already been proposed. In 2005 Samuel Scheiner and Michael Willig published an article in which they describe “the theory of gradients” (Scheiner & Willig, 2005), a theory within the domain of ecology. Subsequently they proposed “a general theory of ecology” (Scheiner & Willig, 2008), which they developed exemplifying constitutive theories in the book “The theory of ecology”, (Scheiner & Willig, 2011). The proposed theory was presented as a hierarchy with three levels. At the highest level lies the general theory, which is composed, at an intermediate level, by constitutive theories, in turn containing, at the lowest level, one or more models. Scheiner and Willig’s general theory of ecology is structured by propositions that, accordingly to the authors, are recognized by ecologists since the 19th century and were largely accepted by the community since 1950s.

Although Scheiner and Willig’s proposed framework seems promising to help ecologists to recognize the underlying theoretical structure of their practice, the authors themselves state that the theory is not definitive nor contain all possible sub-domains of ecology. In addition, there is no explicit method to organize models, propositions and constitutive theories under the general theory. In the next sections, we first propose a method to identify which propositions unify a set of models within a particular domain or sub-domain, and therefore how to organize a hierarchy of models and proposition. The method consists of (1) the definition of a domain of study, (2) the identification of scientific activities within the domain, (3) the identification of most relevant publications within the domain, (4) the identification of most relevant models within relevant publications (5) synthesis of propositions that unify these models. We then proceed to discuss how the results from the application of the method can be used to understand the structure of the theory of a selected domain, the assumptions of the method and the benefits of using it to organize propositions and models in a hierarchy.

ABOUT - The bottom-up analysis of theories

The semantic view of theories assumes that models are constitutive parts of theories, and the lower level of the hierarchical framework proposed by Scheiner & Willig (2011) are models. The method we describe here aims to identify propositions from an assembly of models published in

the literature. Through the identification of common elements among these models, we intend to reach propositions of the constitutive theory. Through the analysis of relationship among the propositions of constitutive theories, it might be possible to reach a set of propositions that defines the general theory of ecology (fundamental principles). Because the method starts at the bottom of the hierarchy, hereafter we refer to it as “ABoUT”⁴.

We define the bottom-up method by specifying its steps in the Box 1.1. We then proceed to discuss conceptual and/or technical implications of each step and the benefits of the method.

Quadro 1.1 — Methodological steps of the ABoUT.

1. Definition of focal class of phenomena: The delimitation of the focal phenomena, the scope in space and time is actually the definition of the domain of study (Scheiner, 2010). In the ABoUT method, a clearly defined domain should lead to clear definition of the community of scientists studying the domain.

Output: The domain of study, parameters for a systematic search for activities about the domain.

2. Systematic search in the literature: Identification of the publications about the phenomena of study. This step is a systematic search for publication about the phenomena defined in the domain. The scientific activity of the community studying the domain is described in the publications the community authors. Fortunately, most scientific communities publicize their studies in common repositories and databases which already have tools to make systematic reviews. Different methods of search can be applied to make a systematic review. The assumption of the ABoUT is that the systematic search yields the publications reflecting the community activity.

Output: List of publications describing the activities of the community studying the domain.

3. Identification of most cited publications within domain: The number of citation of a publication within a community, is a index of how much of the models described in this publication is being used by the rest of the community to support their scientific activities. Because we are trying to identify the propositions that are widely recognized by this specific community, we can create a citation network using only the publications identified in the previous step of the method. The most cited publications of this network should describe the most important models for this community.

Output: List of most relevant publications of the domain.

⁴ Acronym for “Análise Bottom-up de Teorias”, Bottom-Up Analysis of Theories, in Portuguese

4. Synthesis of views of the community about each relevant publication: This step leads to the identification of what we call “models in use” by the community. The relevant publications can describe many different models, and the community might be citing this publication by only one of these models. Alternatively, the relevant publication might describe a rich very complex model, but the community only refers to part of this model, simpler version of this model, or treating different parts of these models as different models. Or even, the author of the relevant publication might be proposing a model that is completely misinterpreted by the community (see some examples in Drake et al, 2012). Whichever is the case, we are interested in the views of the community. We can differentiate the “proposed model” described in the relevant publication from the “model in use” by the community by analyzing how the relevant publication is being cited. Of course, a different member of the community might cite the relevant publication differently. However, if the relevant publication in fact contributed to the domain with a single model, this model should be accessible by recognizing the common elements of these citations. A single relevant publication can be referred because of the relevance of different models described within. However, this can also be detected by the analysis of its citations. The synthesis of the citations will return a new model. This synthesis can be made by different methods. We find that methods that can avoid the subjectivity of individuals executing the ABoUT have several advantages in executing this step (see Bernard & Ryan, 2009, for some of these methods).

Output: List of most relevant models in the domain.

5. Identification of valid structuring assertions: Through the analysis of the synthesized models it is possible to elaborate assertions that do not contradict any model and are relevant to conceive the models. Scheiner & Willig (2011) stated that propositions new to describe the individual components of models and the proposition describe the law-like behaviors of the natural world we expect to see in theories. With that in mind we created two criteria to elaborate propositions: i) the entire set of proposition need to contemplate all sampled models by generalization (inclusive criteria); ii) any model other model conceived that assumes these propositions as true is a model of the domain (exclusive rule).

Output: List of propositions that structure the constitutive theory.

■

Assumptions of the ABoUT

Pragmatic view of theories

The ABoUT assumes that theories are made in a pragmatic way. The pragmatic view of theories is a strand of the semantic view and, therefore, continues to consider theories as a family of

models (Winther, 2016). However, under the pragmatic view, the theory is a reflex of the activities in a domain. The role of a theory is not to guide the construction of knowledge, which is done by building and exploration of models, the role of a theory is to synthesize the knowledge generated in the domain (Winther, 2016). One of the most notorious advocates of the pragmatic view, Giere (2010), states that the fundamental principles of the theory of a domain cannot be reached because we are unable to detect the necessary and sufficient conditions for a natural phenomenon to occur.

The assumption that theories develop in pragmatic way is essential to conceive the ABoUT. We are stating that ecology does have a theory and that we can organize the common elements of this theory by looking into models. First, we have to assume that if ecology does have a theory that is not explicitly formulated anywhere, this theory is in the activities of the ecologists. This assumption is essentially pragmatic. Furthermore, the propositions that the method can identify are propositions of a pragmatic theory. The formulation of this theory does not consider the epistemological value of the identified propositions, it only ensures that the identified propositions are being used frequently by the community to explain the phenomenon. Hopefully, the grasp of the theory structure that the ABoUT gives can be used to better align the epistemology of the community activity if necessary.

Science as a system

The ABoUT assumes that science works as a system (*sensu* Von Bertalanffy, 1973), which means that scientific activity works as multiple separated components that interact and affect one another. Even though one scientist can develop and publicize a model of the natural world authored only by him. The development of this model was surely based on other models of the natural world proposed by other scientists. Otherwise, this newly proposed model would be difficult to be analyzed by the community and most likely would be dismissed as non-scientific (Kuhn, 2012). Scientific activity can be described as a cycle. Scientists develop and manipulate their models, reach new conclusions and modify their models of the natural world. These new models are presented to the community, who rejects or accepted them as reasonable explanations of the natural world. Those members of the community that find this new explanations reasonable can further develop this model and propose new explanations. This cycle creates a web of connections among models (Leydesdorff, 2001).

The view that science works as a system is particularly important to two of the methodological steps of the ABoUT. The identification of the activities in the domain, and the identification of relevant publications. After a domain is defined, it is important to identify the scientific activities within the domain. The identification of these activities is based on the search for common concepts. These concepts are usually referred by using known terms shared by a community of scientists (although there can be some polysemy, *ver* McIntosh, 1999). Thus, these terms can be used to find publications describing the activity in a domain.

Once the publications are identified it is possible to develop a network (Small, 1973; Zhan & Chi, 2016) that shows the connections among individual parts of this system. Communities share more concepts because they work with more similar models about the natural world (Leydesdorff,

1998). Because of this relationship, it is reasonable to assume that the most referred models of the literature are those most used by scientists to support the development of their own models. Therefore, the most relevant models in the domain, – the models that guide most knowledge generation about the focal phenomena – are those described in the most cited publications within the domain.

Benefits of the ABoUT

Structural analysis of theories

The bottom-up method can be used to understand how propositions and models are related or whether there are sub-domains within the selected domain. These characteristics give the structure of the general theory.

Within a particular domain, all models might assume the same set of propositions. This indicates that the community share a common view about that domain. However, there are many more patterns that might be observed analyzing the propositions assumed by a set of models. For example, even if there are no proposition that unify the whole set of models in the selected domain, there may be propositions that unify subsets of models, which can then be viewed as two distinct domains. It might be possible though to group the propositions that unify subsets of models under a more general proposition. The absence of this general proposition from publications might indicate a conceptual gap among sub-domains. This conceptual gap can be viewed as a newly revealed research niche. One of the benefits of this analysis is that it tests the hypothesis that there is a set of propositions that unify a set of models. In other words, it can be used to test the hypothesis that models and propositions of the selected domain can be organized into a hierarchy as proposed by Scheiner & Willig (2008). The identification of propositions that can be assumed as true in all publications is a corroboration of the hypothesis. If there is no single proposition that can be assumed as true in the publications surveyed there is no evidence that the models being proposed in this domain are based on the same theory whatsoever.

Historical analysis of theories

The relevance of models within a domain might change with time. Because it takes time for a model to be analyzed and widely recognized by the community, a model presented this year has little chance to be as frequently referred as a model presented many years ago. On the other hand, models that are frequently referred in the present might not be as well recognized in the future. There are many reasons why this changes happen (Kuhn, 2012), but the result is that changing the most referred models in the community results in a change of concepts about the world. Therefore, the propositions that unify these models and subsequently the formulation of the theory will change with time. The result is that the structure of the theory revealed by the application of the ABoUT is contingent to a given time frame.

The bottom-up method allows one to specify and change the time frame of the analyses by changing the time frame of the literature search. Thus, the results yielded by the application of the bottom-up method in different time frames can indicate how the theory structure changed

with time, facilitating a historical perspective of the theoretical development of a given domain.

Replicability

Because the method is explicit about every step linking the work of scientists to the presented theory, it is subjected to criticism and re-evaluation (Drummond, 2009), which is one of the cornerstone of scientific knowledge development (Musgrave et al, 1970). The description of the application of the ABoUT step by step can be viewed as the presentation of a logical argument which the conclusion is that the presented propositions contemplate the views of the community. The first premise is that the selected publications of the literature describe the relevant activities of the domain. The second premise is that the selected most cited publication are the most relevant publications of the domain. The third premise is that the set of final propositions contemplate all the most important models of the domain. If these three premises are true, then it is reasonable to conclude that the presented propositions reflect the pragmatic theory of the domain.

As in any argument, the premises can be confronted in case of a conclusion that does not seem appropriate (Leydesdorff, 2001). For example, one might argue that the propositions were not adequate because the publications selected in the systematic search did not describe the activities of the community and therefore, yielded propositions that do not contemplate adequately the models of the domain. Because the previous proponent of the theory described each step it took from the definition of domain to propositions, any researcher can verify the statement of the opponent by executing the exact same steps of the first proponent and changing the parameters of the systematic search.

Yet another advantage that is brought by the explicitness of these method is that it facilitates the application of an inter-subjective analysis of the results. Daston (1992) argues that scientists should not (and could not) achieve the elimination of subjectivity in their methodology. They should assume that subjectivity is present and pursue the use of many partial independent views to reach a conclusion that is less biased. An analysis that uses this approach is subjected to *aperspectival objectivity*. There are tools developed to submit data to systematic group analysis (Bernard & Ryan, 2009). The objective of these tools is to develop criteria that are not based merely on the idiosyncrasy of a single researcher. Although not entirely based on intuition, some tasks of the ABoUT might require some subjective decisions depending on the specific way the task is carried on. These steps could benefit from an analysis that takes into consideration the subjectivity of proponents. For example, the task of synthesizing the excerpts of text into “models in use”. This tasks involves classifying, generalizing and discarding data to reach a reasonable synthesis of what the community thought the model in the relevant publication was. This task can greatly benefit from systematic group analysis (Bernard & Ryan, 2009).

Because the method is divided into steps with clear expected results, we can better judge if the result is adequate the objective we are trying to reach. This allows for a more clear decision on what can be done to increase the confidence in each result and, therefore, in final result: the theory structure.

General tool

The study of theory structure and development in ecology is yet a small area within ecological studies (Marquet et al, 2014). For a more efficient resolution of the questions about theory development in ecology it is necessary to have more ecologists interested in theory structure and development. The ABoUT can help increase the interest of ecologists in theory structuring.

As a general tool that can be used for different domains and sub-domains, the ABoUT should facilitate communication and mutual recognition between ecologists trying to organize concepts in their own domain of expertise (Lesser et al, 2009). The demand for a theoretical organization might come from a member of the community studying the nature of a phenomenon itself. For example, she/he can be trying to apply the ABoUT to the domain of landscape ecology, because this is her/his field of study. However, in the application of the ABoUT to try to understand the theoretical structure of landscape ecology, this member becomes a member of a community interested theory structure. If other researcher tries to apply the ABoUT to the domain of behavioral ecology, these two members of the community of ecologists, that studied phenomenas that operate on very different scales now share a common tool. The results of these two ecologists can be compared using the same metrics and, therefore, can communicate much more efficiently what concepts unify their domains within ecology (Broszkiewicz, 2013).

Another advantage of having the ABoUT as a common framework is that it reveals new niches for research collaboration. For example, the relationship among propositions and models might reveal the existence of two distinct domains that could be grouped under a novel, more general proposition. In this scenario, filling the gap between these two distinct domains should promote unification. The study of a specific domain is better executed when one is acquainted with the esoteric knowledge of the community studying this domain (Kuhn, 2012). Because this study niche would be an interface between two different domains, it would be more efficiently filled by a study group with members of both communities (Lesser et al, 2009). We think that unification of theories can lead to new insights about phenomena and new applicabilities to well known tools. Therefore, we think that such collaborations should also be of interest to members of both communities.

Concluding remarks

It is not clear yet whether ecology can be considered a conceptually mature science. However, there is already a community devoted to try to answer this question (Hagen, 1989; El-Hani, 2006; Pickett et al, 2010; Scheiner & Willig, 2008, 2011; Marquet et al, 2014). One way to answer this question is to identify which are the well accepted propositions and what are the connections among them. This should reveal the structure of the theory used in ecology, the conceptual gaps in this structure, and misconceptions.

We think the bottom-up method we propose can contribute to this task because it aims exactly at the discovery of theoretical structures and conceptual gaps. By using the bottom-up method, members of the community will be able to communicate clearly how the research that are being conducted by ecologists are affected and affect the theory of ecology.

The proposal that theory in ecology can be organized into a hierarchical conceptual framework by Scheiner & Willig (2008) inspired us to reflect on the implications of selecting a method to demonstrate that thesis. We hope our proposal of method inspire others to engage in the discussion about theory structure in ecology. We think this kind of discussion will foster the building of a comprehensive agreement of what is ecological science.

2 — A aplicação do ABoUT em sucessão

2.1 Introdução

O domínio de sucessão é um dos mais antigos da ecologia, e está associado com o auto-reconhecimento da ecologia como ciência. O domínio da sucessão passou por intensos debates conceituais centrais para a ecologia como um todo, dos quais um dos mais conhecidos é o do nível de integração das comunidades (Clements, 1916; Gleason, 1927), historiado na maioria dos livros-texto de ecologia. Outros debates importantes foram sobre a vinculação da sucessão a processos ecossistêmicos (Odum, 1969), e a natureza das trajetórias com posterior foco nos mecanismos operantes da sucessão (Connell & Slatyer, 1977; Bazzaz, 1979; Grime, 1988). Essas discussões levaram a certa estabilidade teórica do domínio que por sua vez resultou em formulações explícitas da teoria (McIntosh, 1986; Pickett et al, 2010, 2011). Assim, o domínio da sucessão é hoje um dos mais coesos e menos polissêmicos da ecologia (McIntosh, 1986; Pickett et al, 2010).

Ainda que a relativa maturidade teórica tenha levado a tentativas de formalização de uma teoria de sucessão, a comunidade de pesquisadores do domínio se refere pouco às publicações que descrevem formalizações teóricas do domínio (Tabela 2.1), e isso não é um padrão raro em ecologia (Scheiner, 2013). Uma possível explicação para tal padrão é que as sínteses teóricas são feitas baseadas na perspectiva de um ou poucos autores, em geral, autoridades reconhecidas no domínio. Uma síntese teórica feita por supostas autoridades dentro do domínio pode gerar uma síntese com duas características que vão de encontro ao objetivo de uma teoria. Caso os autores da síntese se percebam e sejam reconhecidos como lideranças na área, eles podem usar as sínteses teóricas para valorar abordagens em detrimento de outras (Walton, 2010), e é importante lembrar que a proposta de autoridades ganham um carácter prescritivo em uma comunidade (Kuhn, 2012). Uma das funções de uma teoria em um domínio é comunicar o conhecimento teórico sobre os fenômenos desse domínio de forma que a comunidade esteja mais apta a reconhecer e investir em lacunas de conhecimento (Scheiner & Willig, 2011; Pickett et al, 2010). Se existe um viés,

por exemplo, para particularidades do fenômeno ligadas à linha de pesquisa dessa autoridade, podemos estar negligenciando lacunas importantes em outras áreas do domínio. Se o autor está propondo uma síntese abertamente prescritiva, é provável que esteja propondo um modelo autocoerente sobre o fenômeno, mas que não adota todas as perspectivas da comunidade sobre o fenômeno. A prática da comunidade não é homogênea e pode a qualquer momento misturar abordagens e conceitos não necessariamente coerentes. O segundo caso é se a síntese teórica proposta não contempla parte da comunidade, mas o autor também não é reconhecido como autoridade. Nesse caso a síntese não é representativa das atividades da comunidade e nem está sendo usada como prescrição. A chance de a comunidade usar essa síntese para entender seu próprio domínio de estudo e portanto produzir mais conhecimento sobre um domínio é pequena. Portanto, o papel de comunicação sobre o fenômeno da teoria não cumpre sua função. Partimos do princípio que quanto mais pragmática é a abordagem da síntese maior a chance da pluralidade de visões da comunidade se expressar na síntese, e assim maior a chance de a comunidade se identificar com essa síntese e se referir a ela.

O método *ABoUT* (*Análise Bottom-Up de Teorias*, capítulo 1), é uma nova abordagem sobre como formular proposições de uma teoria constitutiva sob uma “visão pragmática de teoria”. Sob a visão pragmática, a teoria sobre um fenômeno deve refletir a prática da comunidade estudando esse fenômeno (Winther, 2016). A visão pragmática é uma vertente da “visão semântica de teoria”, na qual uma teoria é um apanhado de modelos orientados por proposições semânticas (Suppe, 2000; Suppes, 1964; Van Fraassen, 1986). O objetivo do *ABoUT* é identificar as proposições em uso pela comunidade de um domínio através da análise dos modelos mais relevantes para essa comunidade. Alternativamente, também poderíamos utilizar o método *ABoUT* para analisar os vieses de uma teoria já proposta por outro método. Através do *ABoUT* identificamos o conjunto de modelos mais relevantes dentro do domínio definidos sob critérios que se baseiam em uma visão sistêmica de ciência (Agazzi, 2004) – modelos mais utilizados pela comunidade para gerar novo conhecimento. O conjunto de modelos mais relevantes do domínio pode ser comparado às proposições semânticas elaboradas de forma intuitiva por autores reconhecidos no domínio. Se os autores basearam a formulação da teoria baseado no que está sendo feito dentro do domínio, conforme prescrito pela visão pragmática de teoria, os modelos devem assumir as proposições elencadas como verdadeiras (Tarski et al, 1953). Entretanto, divergências entre as proposições elaboradas pelos autores reconhecidos e o conjunto de modelos amostrados indica que os autores não estão se baseado plenamente na comunidade estudando para formular as proposições fundamentais da teoria.

Um dos usos do *ABoUT* é avaliar formalizações de teorias propostas por outros autores. Esperamos, também, que o método seja mais facilmente aplicável a formalizações de teorias feitas de acordo com a estrutura de teorias proposta por Scheiner & Willig (2011), que é também a estrutura adotada pelo *ABoUT*. Além das características apontadas acima, a teoria de sucessão já foi formalizada usando a abordagem de (Scheiner & Willig, 2011) por autoridades reconhecidas do domínio (Pickett et al, 2011). Esse estudo é uma comparação entre uma proposta de formalização de teoria baseada na percepção de autores reconhecidos do domínio com os modelos mais relevantes do domínio identificados usando o método *ABoUT*. Discutimos aqui as

convergências e divergências entre as proposições e os modelos e por fim indicamos proposições que parecem mais adequadas ao conjunto de modelos identificados.

2.2 Execução do método

2.2.1 Definição do domínio

Para analisar a aplicabilidade do método pragmático escolhemos como domínio: “A mudança na estrutura ou composição de um grupo de organismos de diferentes espécies em um sítio ao longo do tempo.” Esse é o domínio de sucessão ecológica como definido na proposta de formalização que vamos analisar (Pickett et al, 2011). A sucessão é estudada em diferentes vertentes que são mais exclusivas ou mais inclusivas (McIntosh, 1999). A definição de domínio que usamos adota a perspectiva mais abrangente de sucessão e portanto contempla a maior parte dos estudos associados à sucessão.

2.2.2 Identificação das atividades no domínio

Para identificar o que está sendo feito pela comunidade gerando novos conhecimentos dentro do domínio de sucessão utilizamos uma busca sistematizada por publicações contendo a palavra-chave “sucessão” no título ou resumo. Essa busca foi feita na base de dados do Web of Science (data: 15/05/2017), na categoria “Ecology”. A categoria “Ecology” foi escolhida, pois estamos tratando o domínio de sucessão como uma subdomínio dentro do domínio de ecologia. Fizemos a busca utilizando os termos “successi* NOT successive” no campo “Tópico”.

O termo “sucessão”, vem sendo associado a vários outros termos importantes para ecologia ao longo último século (McIntosh, 1999). Os outros termos estão associados a processos que não necessariamente estão associados ao fenômeno de sucessão, conforme definido no domínio, mas representam diferentes perspectivas sobre sucessão dentro do domínio (e. g. perturbação, regras de montagem, dinâmica de comunidade, climax, eutrofização). Esses termos são agregados à sucessão, entretanto indicam outros processos. Quando são utilizados para dialogar sobre processos sucessionais, o termo sucessão também é utilizado. Portanto, agregar mais termos na identificação das atividades do domínio aumentaria muito a chance de incluir estudos não relacionados à sucessão sem acrescentar muitos trabalhos que de fato estudam o fenômeno. Além disso, as publicações identificadas nessa etapa não serão analisadas com relação a seu conteúdo conceitual, mas somente serão utilizadas para identificar as publicações mais citadas do domínio. Portanto, uma amostra significativa das publicações do domínio deve ser suficiente para identificar as publicações mais citadas de todo domínio. Por isso supomos que o termo “sucessão”, utilizado como palavra-chave para uma busca dentro do domínio da ecologia deve retornar publicações representativas o suficiente do domínio para identificar as publicações mais citadas.

Essa busca resultou em 12215 publicações. É importante notar que busca sistematizada pode não ser a única forma de identificar as atividades de geração de conhecimento em um domínio. Entretanto, essa é uma ferramenta particularmente conhecida e que pode ser comunicada de forma mais direta para comunidade.

Figura 2.1: Comparação entre as linhas de saturação da porcentagem da rede composta por sucessores do grupo das publicações mais citadas da rede de citações. O eixo "Y" mostra os sucessores do grupo de citações mais citada da rede. O eixo "X" mostra o tamanho do grupo.

2.2.3 Identificação das publicações relevantes

As publicações levantadas no passo anterior nos ajudam a entender quais são as publicações mais relevantes do domínio através de quem elas citam. As publicações mais citadas pelas publicações levantadas, devem ser as que contêm mais conceitos importantes para a produção de conhecimento dentro do domínio. Para identificar essas publicações criamos uma rede de citações formada pelos artigos recuperados na etapa anterior. Usamos o programa CitNetEplorer (van Eck & Waltman, 2014) para identificar as citações entre as 12215 publicações que recuperamos, bem como todas as publicações por elas citadas. A rede final teve 29398 publicações, 245210 conexões entre as publicações, que datam do ano de 1840 até o ano presente de 2017. Como buscamos a atividade da comunidade atual estudando o domínio, filtramos as publicações dos últimos 10 anos (2007 a 2017), o que resultou em uma rede de 5536 publicações. Então consideramos as publicações mais citadas por essas 5536 publicações. As publicações mais relevantes são aquelas as da rede que possuem mais sucessores (publicações que as citam).

O critério para seleção das publicações mais relevantes da rede dentre todas as publicações foi o de saturação de sucessores dentro da rede. A saturação de sucessores foi atingida da seguinte forma. Analisamos os sucessores da publicação que teve o maior índice de citação da rede e conferimos qual porcentagem da rede dos últimos 10 anos (5536 publicações) era constituída por esses sucessores. Caso 100% da rede não fosse atingido, uníamos os sucessores da primeira e segunda publicações com maior índice de citação e analisávamos novamente a porcentagem da rede que era constituída por esses sucessores. Repetimos o processo até unir os sucessores das 100 primeiras publicações com maior índice de citação. Entretanto, mesmo os sucessores das 100 primeiras publicações com maior índice de citação não totalizaram 100% da rede dos últimos 10 anos. Realizamos a análise para sucessores diretos, de 2º e 3º grau e parece haver uma assíntota na relação entre acúmulo de sucessores das publicações mais citadas e porcentagem da rede. A assíntota é de 80% da rede quando se acumulam as citações das 25 publicações mais citadas (Figura 2.1), se consideramos os sucessores diretos e de segundo grau. Adotamos essas 25 publicações mais citadas como as centrais para a atividade dos pesquisadores do domínio (Tabela 2.1). Na discussão exploramos as consequências da exclusão de 20% da rede, que não parece importante para nossas conclusões.

Tabela 2.1: Lista das publicações relevantes ordenadas por número de citações na rede.

Publicação	Citações
CONNELL, J. H. & SLATYER, R. O. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. <i>American naturalist</i> 1119–1144.	780
GRIME, J. P. 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley & Sons, Chichester.	468
CONNELL, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. <i>Science</i> 199:1302–1310.	400
HARPER, J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, Cambridge.	374
ODUM, E. P. 1969. The strategy of ecosystem development. <i>Sustainability: Sustainability</i> 164:58.	343
PICKETT, S. & WHITE, P. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, San Diego.	306
GRUBB, P. J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. <i>Biological reviews</i> 52:107–145.	294
TILMAN, D. 1988. Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton University Press.	285
EGLER, F. E. 1954. Vegetation science concepts i. initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development with 2 figs. <i>Vegetatio</i> 4:412–417.	279
COWLES, H. C. 1899. The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of lake michigan. part i.-geographical relations of the dune floras. <i>Botanical gazette</i> 27:95–117.	271
MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. <i>Evolution</i> 373–387.	266
BAZZAZ, F. 1979. The physiological ecology of plant succession. <i>Annual review of Ecology and Systematics</i> 10:351–371.	215
HUSTON, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. <i>American naturalist</i> 81–101.	203
HUSTON, M. & SMITH, T. 1987. Plant succession: life history and competition. <i>American Naturalist</i> 168–198.	200
GRIME, J. P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. <i>American naturalist</i> 1169–1194.	198
HUBBELL, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, Princeton	189
PICKETT, S., COLLINS, S. & ARMESTO, J. 1987. Models, mechanisms and pathways of succession. <i>The Botanical Review</i> 53:335–371.	183
WATT, A. S. 1947. Pattern and process in the plant community. <i>Journal of ecology</i> 35:1–22.	178
TILMAN, D. 1987. Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. <i>Ecological monographs</i> 57:189–214.	178
HUSTON, M. A. & DEANGELIS, D. L. 1994. Competition and Coexistence: The Effects of Resource Transport and Supply Rates. <i>The American Naturalist</i> 144:954–977.	177
GRIME, J. P. 1988. The csr model of primary plant strategies—origins, implications and tests. <i>Teoksessa Plant evolutionary biology</i> , 371–393. Springer.	176
NOBLE, I. R. & SLATYER, R. 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. <i>Vegetatio</i> 43:5–21.	171
TILMAN, D. 1985. The resource-ratio hypothesis of plant succession. <i>American Naturalist</i> 827–852.	163
SHUGART, H. H. ET AL 1984. A theory of forest dynamics. The ecological implications of forest succession models. Springer-Verlag.	160
SOUSA, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. <i>Annual review of ecology and systematics</i> 15:353–391.	160
GUARIGUATA, M. R. & OSTERTAG, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. <i>Forest ecology and management</i> 148:185–206.	156

2.2.4 Identificação dos modelos

Identificamos dois problemas para identificar os modelos nas publicações relevantes. Primeiro, a maior parte dos modelos em sucessão é de natureza verbal, o que dificulta a delimitação do que é a descrição do modelo de fato de outros elementos textuais da publicação. Segundo, pode existir uma diferença entre o que a comunidade entende e usa do modelo e o que foi proposto pelos autores das publicações relevantes. Esses dois problemas são particularmente relevantes quando as publicações são livros – e muitas são entre as publicações que identificamos –, porque livros descrevem muitos modelos diferentes e em boa parte dos casos, mesmo quando uma publicação é altamente citada, nem todos os modelos são de interesse para a comunidade. Para resolver esses problemas propomos uma metodologia em duas etapas. Primeiro identificamos trechos de texto das publicações sucessoras diretas dos últimos 10 anos em que a publicação relevante é citada. Para cada publicação extraímos até 50 trechos de texto citando somente a publicação relevante e nenhuma outra ¹ (Ver Anexo II).

Os trechos citando cada publicação relevante foram analisados para sintetizar um modelo verbal que identifique qual ou quais são os modelos mais utilizados pela comunidade citante e como esses modelos são vistos pela comunidade. Essa tarefa tem um componente intuitivo grande e portanto utilizamos uma técnica de consenso de grupo para contornar a subjetividade do processo (Bernard & Ryan, 2009). Os trechos citando uma publicação relevante foram analisados por um trio de pessoas. Cada pessoa do trio era requisitada a ler os trechos citando a publicação relevante e tentar responder de maneira individual à seguinte pergunta: “Qual a principal ou as principais afirmativas sobre o mundo natural apresentadas na publicação relevante e que estão sendo usadas pela comunidade como fundamentação teórica?” (o guia completo de como proceder na atividade apresentado aos colaboradores está no Anexo III).

O grupo foi então guiado para comparar suas respostas e chegar a uma formulação consensual, usando uma adaptação da técnica de grupo nominal ² (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 — Passos da aplicação do NGT adaptado.

1. Os colaboradores são apresentados às propostas dos outros colaboradores de maneira anônima. As propostas são descrições de quantos são e o que afirmam os modelos mais relevantes da publicação focal.
2. Os colaboradores reavaliam as suas propostas e fazem uma nova proposta sobre quantos são e o que afirmam os modelos mais relevantes da publicação focal. A nova proposta deve considerar qual dos modelos, propostos por todos os colaboradores, devem ser unidos, quais devem ser mantidos separados e quais podem ser descartados.
3. As propostas de combinação são apresentadas de forma anônima.
4. As propostas de combinação são, então, ordenadas por cada um(a) dos(as) cola-

¹ Algumas publicações não possuíam 50 citações em que foram citadas sozinhas nos últimos 10 anos nessa rede

² NGT, do inglês “nominal group technique”

boradores em escala que vai de um (menos preferida) ao número de propostas (mais preferida). Somam-se os pontos de ordenamento e a proposta com maior número de pontos é a selecionada para prosseguir. Se a proposta de combinação selecionada nesta etapa indica mais de um modelo relevante na publicação focal, os passos seguintes são aplicados para cada um dos modelos individualmente.

5. O modelo ou os modelos descritos na combinação com maior ranque são selecionados para ser sintetizados textualmente por cada um dos três colaboradores individualmente.
6. Para cada modelo, as três sínteses feitas pelos três colaboradores são apresentadas anonimamente e ordenadas também anonimamente.
7. Da mesma forma que na etapa anterior, a síntese que somar mais pontos é selecionada como descrição desse modelo.
8. A síntese selecionada é submetida a uma avaliação livre dos colaboradores, que propõem modificações se julgarem necessário.
9. As modificações são comparadas à síntese original selecionada no passo 7 e reavaliadas para consenso.
10. Processo descrito no passo 9 se repete até que se atinja consenso.

Para mais detalhes do NGT, ver (Horton, 1980). ■

O resultado desse processo foram 30 sínteses textuais que descrevem os modelos que estão publicações relevantes e que estão em uso pela comunidade citando essas publicações (Anexo I).

2.3 Princípios de avaliação das proposições

Para discutir a adequação das proposições elencadas no capítulo de sucessão (Pickett et al, 2011) do livro de Scheiner & Willig (2011) ao domínio de sucessão identificado nesse estudo, relacionamos essas proposições com os modelos que identificamos como os mais importantes dentro do domínio de sucessão ecológica. A partir dessa relação propomos mudanças nas proposições considerando dois atributos, validade nos modelos e relevância para o domínio.

2.3.1 Validade das proposições nos modelos

De acordo com a visão semântica, para que um modelo seja considerado parte de uma teoria, todas as proposições fundamentais da teoria precisam ser válidas logicamente no modelo (Suppes, 1961; Morgan & Morrison, 1999). Um modelo para o qual a proposição de uma teoria não pode ser válida, não pode ser considerado um modelo dessa teoria. Assim, se definirmos um determinado conjunto de modelos como pertencentes a uma mesma teoria, as proposições dessa teoria não podem ser inválidas em nenhum dos modelos. O argumento contido no uso do método *ABoUT* é que os modelos identificados são os mais importantes dentro do domínio e servem como referencial para estruturar a teoria desse domínio. Portanto uma proposição que seja inválida nesse conjunto de modelos não pode ser considerada uma proposição adequada para esse domínio.

Para julgar a validade das proposições no modelos é importante notar que podem haver

dois tipos de proposições: exclusivas e inclusivas. Proposições sobre o mundo natural sempre descrevem alguma propriedade do mundo natural. Proposições exclusivas são aquelas que delimitam claramente a forma que uma propriedade pode ter, portanto excluindo outras formas para aquela propriedade. Proposições inclusivas são aquelas que incluem novas possibilidades de formas para uma propriedade, sem delimitar outras possibilidades. Em outras palavras, proposições exclusivas descrevem como alguma propriedade do mundo natural **é**. Proposições inclusivas descrevem como o alguma propriedade do mundo natural **pode ser**. Essa distinção é relevante porque esses dois tipos de proposições assumem formas lógicas diferentes, e portanto os critérios para analisar validade de cada tipo de proposição no conjunto de modelos identificados é diferente.

Para que uma proposição exclusiva seja inválida no conjunto de modelos, basta que um dos modelos represente o mundo de forma diferente da descrita na proposição. Entretanto, para que uma proposição inclusiva seja inválida no conjunto de modelos, nenhum dos modelos pode representar essa a propriedade conforme descrita na proposição ou um deles deve explicitamente negar a possibilidade de existência da propriedade na forma como descrita na proposição. Em boa parte dos casos as proposições inválidas para o conjunto total de modelos são válidas para um subconjunto de modelos. Casos como esse indicam que existe um subdomínio de conhecimento dentro do domínio de interesse ou que o conjunto de modelos do domínio de conhecimento focal se sobrepõe parcialmente ao conjunto de modelos de outro domínio do conhecimento. Essa análise é importante para entender a estrutura interna da comunidade. Algumas vezes é possível adaptar a proposição para que ela se torne válida para todo o conjunto de modelos. Em outros casos a proposição de fato releva uma divergência muito grande entre modelos de dois tipos dentro do domínio e não pode ser considerada parte do conjunto de proposições que estrutura a teoria.

2.3.2 Relevância das proposições nos modelos

A validade das proposições nos modelos é um conceito que vem sendo debatido desde as primeiras propostas de visão semântica de teoria (Suppes, 1961). Portanto, distinguir as proposições válidas das proposições inválidas é uma tarefa relativamente objetiva porque há critério lógicos para tanto. Entretanto, ainda não existe um critério para separar proposições mais relevantes de proposições menos relevantes dentro da teoria. Por esse motivo se faz necessária uma discussão sobre a relevância de uma proposição para um conjunto específico de modelos.

Conforme descrito por Scheiner & Willig (2011) as proposições de uma teoria constitutiva devem ser “afirmativas precisas que representam os potenciais componentes individuais de modelos” ou ainda “a ligação causal entre processos e padrões... estão nas proposições de uma teoria constitutiva”. Portanto, proposições relevantes dentro de uma teoria descrevem componentes presentes nos modelos ou relações causais as quais não podem ser ignoradas pelos modelos. Podem haver casos nos quais algumas proposições são relevantes para um subconjunto de modelos, mas inválida para o conjunto total de modelos. Indicando subdomínios como discutido na subseção anterior. Entretanto, proposições inválidas no conjunto de modelos não podem ser consideradas relevantes para todo conjunto de modelos do domínio porque, obviamente,

alguns modelos dentro do domínio foram concebidos sob uma perspectiva contraditória à da proposição. Portanto, somente proposições válidas no conjunto de modelos de um domínio podem ser consideradas relevantes para a unificar a teoria de um domínio.

Apesar de a validade nos modelos ser uma condição necessária para que uma proposição seja considerada relevante para a teoria, essa condição não é suficiente. Uma proposição pode ser válida no conjunto de modelos e ao mesmo tempo ser de pouca relevância para a concepção destes modelos. Por exemplo, uma proposição exclusiva pode afirmar que uma propriedade do mundo tem a forma *A*. Se essa propriedade do mundo natural não é representada em nenhum dos modelos do domínio, essa proposição não pode ser considerada inválida nos modelos porque nenhum dos modelos a contraria. Entretanto, nesse caso também é difícil argumentar que ela é relevante para a construção desses modelos. Da mesma forma, uma proposição inclusiva pode afirmar que uma propriedade qualquer do mundo natural pode assumir a forma *A*. Se a possibilidade de a propriedade em questão assumir a forma *A* não é relevante para nenhum dos modelos, não existe razão para crer que a afirmação dessa possibilidade é algo que guia a construção de conhecimento dentro do domínio.

Os modelos dentro de um domínio de estudo descrevem os fenômenos do domínio de estudo e suas propriedades. Como modelos são representações limitadas do mundo natural, algumas propriedades do mundo natural são desconsideradas na representação do fenômeno (Morgan & Morrison, 1999). Espera-se que as propriedades consideradas nos modelos sejam aquelas consideradas pelo autor do modelo como importantes para entender o fenômeno e suas propriedades. Uma das funções de uma teoria semântica é enunciar os conceitos básicos, através das proposições, para a concepção de modelos dessa teoria (Tarski et al, 1953). Uma proposição que descreve uma propriedade que não é representada em nenhum dos modelos mais importantes do domínio não parece ser uma proposição estruturadora da teoria desse domínio, mesmo que seja válida para o conjunto de modelos. Assim, proposições nitidamente estruturadoras da teoria são aquelas que descrevem propriedades do mundo natural imprescindíveis para a concepção dos modelos do domínio.

2.4 Proposições de Pickett et al e a avaliação do ABoUT

As proposições elencadas por Pickett et al (2011) estão descritas no capítulo sobre sucessão do livro de Scheiner & Willig (2011). Esse livro apresenta uma proposta de teoria geral da ecologia e algumas das teorias constitutivas mais importantes do domínio da ecologia. As teorias constitutivas foram descritas em diferentes capítulos do livro. Esses capítulos foram escritos por autores convidados reconhecidos no domínio da teoria constitutiva, seguindo a proposta de Scheiner & Willig (2011).

Steward Pickett, Scott Meiners e Mary Cadenasso foram convidados a escrever o capítulo de sucessão pelas suas contribuições ao domínio de ecologia e nítido interesse em organização teórica da área. Em conjunto esses autores foram responsáveis por muito das contribuições conceituais para o campo da sucessão ecológica dos últimos anos. Essas contribuições foram revisões, introdução de novos conceitos e sínteses teóricas (ver Pickett et al, 2009, 2010, 2013;

Meiners et al, 2002, 2004). No capítulo em que descrevem o domínio e proposições da teoria de sucessão no livro de Scheiner & Willig (2011), os autores dividem as proposições em três classes: i) sobre atores da sucessão, ii) sobre causas da sucessão e iii) sobre a trajetória da sucessão. Fizemos a comparação entre modelos e proposições também dividindo essas três classes.

Porque as proposições e modelos estão descritos de forma verbal, nem sempre é fácil interpretar o que é uma proposição imprescindível para a concepção dos modelos apresentados. Portanto, a próxima sessão apresenta argumentos para as conclusões sobre a validade e relevância das proposições propostas por Pickett et al (2011).

2.4.1 Proposições sobre os atores da sucessão

Proposição 1: Sucessão é guiada pela interação entre organismos individuais com outros organismos e com seu ambiente físico.³

Proposição 2: Padrões sucessionais nas comunidades são resultado da interação entre indivíduos.⁴

Proposição 3: Múltiplos níveis tróficos participam nas interações que guiam a sucessão.⁵

As três proposições parecem fazer afirmações indicando atores que definem o nível de organização dos mecanismos subjacentes ao fenômeno de sucessão. Apenas nos baseando no enunciado e no texto explicativo de cada proposição (ver Pickett et al, 2011) é difícil entender se o propósito dessas proposições é informar sobre conceitos unificadores dentro do domínio, como deveria ser na visão pragmática (Winther, 2016). Se sim, a definição do nível de organização é uma proposta de que os modelos do domínio devem representar os mecanismos explicativos da sucessão nesses níveis de organização. Se os autores não acham que os modelos do domínio devem representar esses mecanismos, esses autores têm uma compreensão não pragmática sobre o papel das proposições de uma teoria. Independentemente da posição de Pickett et al (2011), podemos fazer uma análise do quão as propostas desses autores está representada nos modelos identificados como os mais importantes do domínio.

A proposição 1 é a afirmação de que sucessão, ou seja, a mudança composicional ou estrutural na comunidade, é causada por organismos individuais. Essa afirmação parece vir para contrapor a visão de que a sucessão seria resultado da interação entre comunidades e consequente troca dessas comunidades (Myster & Pickett, 1988). Essa proposição evoca um debate conhecido no domínio da sucessão – o debate entre a proposta de Clements (1916) e a proposta de Gleason (1927). A proposta de Clements é que a comunidade pode ser interpretada como um super-organismo e o processo de sucessão é o reflexo de propriedades desse organismo se alterando no tempo. Gleason defende o que a a sucessão é o reflexo da troca das espécies individualmente. Entretanto, segundo (Pickett et al, 2011), tanto os trabalhos de Gleason (1927) quanto o de Clements (1916) explicam padrões de sucessão com interações entre organismos, mas sob perspectivas diferentes. Segundo a leitura de Pickett et al (2011), o que foi interpretado como um super-organismo foi

³Succession is driven by the interactions of individual organisms with each other and the physical environment.

⁴Successional patterns in communities result from the interactions of individuals.

⁵Multiple trophic levels participate in the driving interactions.

explicado pelo próprio Clements (1916), como um fenômeno cujos mecanismos subjacentes são interações entre espécies. Portanto, para Pickett et al (2011), parece não existir dúvida sobre a natureza “individualística”⁶ da sucessão.

Se uma proposição está afirmando que os mecanismos explicativos da sucessão sempre envolvem a substituição gradual de espécies, então qualquer modelo que defina as mudanças nas abundâncias das espécies como resultado das relações entre grupos supra-específicos não é um modelo para o qual essa proposição é válida. A maior parte dos modelos considera algum processo que leva à substituição individual de espécies. Entretanto, algumas sínteses dos modelos nos levam a crer que nem todos os modelos representam a sucessão como resultado da troca individual de espécies. Por exemplo, na síntese do modelo 6 (Anexo I) (Original em Odum, 1969), temos a afirmativa “Variáveis operacionais do modelo podem ser: produção primária bruta, respiração, diversidade de espécies (e consequentemente a mudança na diversidade alfa), armazenamento de carbono, taxa líquida de produção ecossistêmica.” Isso significa que esse modelo de sucessão pode tratar tanto de espécies sendo substituídas no tempo, quanto parâmetros ecossistêmicos que mudam continuamente no tempo. Outro exemplo, é o modelo 30 (Original em Guariguata & Ostertag, 2001). A síntese desse modelo (Anexo I) afirma, “Na sucessão ecológica de florestas tropicais secundárias, há uma sequência de fases caracterizadas pelo tipo de plantas encontradas na área: A) colonização por plantas herbáceas e arbustivas; B) substituição por plantas pioneiras intolerantes a sombra; C) as plantas com crescimento rápido e mais altas e longevas se estabelecem e constituem a maior parte da biomassa.” Essa síntese indica que nesse modelo a substituição individual das espécies não é o que caracteriza a sucessão, mas a substituição dos grupos funcionais. É importante notar que qualquer modelo que expresse a sucessão sem considerar a substituição contínua de espécies (conforme demonstrado em Myster & Pickett, 1988), mas considere que grupos supra-específicos são substituídos, é um modelo que contraria a proposição 1.

A proposição 2 afirma que os padrões observados no nível da comunidade são fruto das interações entre indivíduos. O objetivo da proposição 2 parece ser definir que qualquer padrão observado no nível da comunidade é um fenômeno explicado por mecanismos no nível dos indivíduos. Essa proposição evoca uma discussão sobre sob qual nível de organização a sucessão deve ser tratada. O fenômeno de sucessão gera padrões que podem ser observados no nível da comunidade, mas comunidades são compostas por indivíduos e os mecanismos associados aos indivíduos é que podem explicar os padrões no nível do fenômeno. Novamente, considerando uma visão pragmática, sendo essa uma proposição fundamental para o domínio de sucessão implica que os modelos de sucessão consideram interações entre indivíduos como mecanismos básicos para explicar sucessão. Modelos que considerem mecanismos que agem em outros níveis de organização não podem ser modelos desse domínio.

Um modelo que considera parâmetros de indivíduos que geram padrões no nível da população ou comunidade não contraria a proposição 2. Entretanto, se o modelo utiliza como parâmetros apenas propriedades de níveis de organização acima do que o de indivíduos por

⁶Pickett et al (2011) usam o termo “individualistic view”

exemplo (distância da comunidade fonte, disponibilidade de espécies na comunidade fonte, taxa de extinção, taxa de especiação, produtividade primária, estágio sucessional da comunidade, tamanho populacional, taxa de mortalidade, taxa de natalidade), então esse modelo não considera que os padrões observados no domínio são gerados somente por mecanismos no nível dos indivíduos. Isso vai de encontro ao enunciado na proposição 2. Dentre os modelos identificados como mais importantes, temos alguns exemplos que descrevem o mundo natural em um nível de organização maior do que indivíduos. Por exemplo, na síntese do modelo 14 (original de MacArthur & Wilson, 1963) vemos a seguinte descrição do mundo natural “o balanço entre taxas de extinção e de imigração determina a riqueza de espécies. As taxas de extinção são maiores quanto menor a área da ilha, enquanto as taxas de imigração são maiores quanto menor seu isolamento em relação ao continente. Assim, a riqueza de espécies em ilhas é influenciada positivamente pelo tamanho da ilha e negativamente por seu isolamento.” As taxas de extinção e imigração são propriedades das populações a distância ao continente e o tamanho da ilha são propriedades que podem ser interpretadas como propriedades da comunidade. Esse modelo, portanto, prescinde de qualquer interação entre organismos para explicar padrões de mudança na diversidade. Aqui os organismos são abstraídos em propriedades de um nível de organização superior. Obviamente, comunidades e populações são constituídas de indivíduos e, portanto, os organismos estão sendo concebidos implicitamente. Entretanto, muitos outros processos e estruturas estão sendo concebidas implicitamente (e. g. interações inter-celulares, processos fisiologia, comportamento). As proposições de uma teoria não precisam enunciar todos os mecanismos implícitos agindo subjacentes ao fenômeno (essa lista seria exaustivamente longa, se finita). Em uma visão pragmática de teoria, essas proposições devem ser um reflexo dos modelos, se uma proposição enuncia que mecanismos estão em um nível de organização então os modelos precisam considerar esse nível de organização. Outros exemplos de modelos que usam propriedades de populações e comunidades como parâmetros explicativos dos padrões das comunidades estão sintetizados no Anexo I (modelos 6, 14, 19 e 30).

A proposição 3 afirma que o fenômeno de sucessão acontece em múltiplos níveis tróficos. Essa proposição parece ter o objetivo de alertar sobre um viés metodológico da sucessão. O domínio de sucessão surgiu como um estudo de comunidades de plantas e muitos dos conceitos mais importantes dentro do domínio foram desenvolvidos nesse contexto (McIntosh, 1999; Pickett et al, 2010, 2011). Apesar disso, muitos dos conceitos mais antigos desenvolvidos no domínio foram aplicados com sucesso para entender mudanças em comunidades de organismos heterotróficos (Shelford, 1911; Frankland, 1992; Kivi et al, 1993; Bardgett et al, 2007, e.g.). Os autores, entretanto, estão alertando que embora boa parte dos estudos de sucessão mostre padrões na comunidade de plantas a sucessão está acontecendo em múltiplos níveis tróficos.

Novamente, temos um conflito entre o que é esperado logicamente pensando em todo conhecimento que existe sobre sistemas biológicos e o que precisa ser considerado em um modelo de sucessão. É razoável que conforme a sucessão ocorra em uma comunidade de plantas, que a comunidade de organismos heterotróficos também se altere como um resultado. Entretanto,

a maior parte dos modelos identificado por nós, aplica os conceitos de sucessão somente para plantas a possibilidade de mais de um nível trófico fazer parte da sucessão não é considerada em muitos modelos dentre os 30 modelos mais importantes do domínio. Um único modelo considera explicitamente mais de um nível trófico, ainda assim, apenas como um agente de distúrbio do qual as plantas precisam gerar proteção “Este modelo assume que os traços de história de vida de espécies de plantas vasculares mudam conforme o estágio sucessional progride. Esses traços podem ser a capacidade de tolerância a luz, capacidade competitiva e de dispersão, defesa contra herbívoros, tempo de crescimento e tempo de vida.” (modelo 15 anexo I, original em (Bazzaz, 1979)).

Os modelos mais relevantes levantados propõem processos e mecanismos que podem acontecer em mais de um nível trófico simultaneamente. Por exemplo, o **modelo 1**, descrito na publicação com maior índice de citação (Connell & Slatyer, 1977), descreve três possíveis mecanismos no processo de sucessão de organismos – facilitação, tolerância e inibição. Nenhum desses processos assume a necessidade de apenas um nível trófico. A facilitação pode acontecer entre decompositores e produtores primários, ou entre produtores primários e consumidores (e.g. Wieczorek & Todd, 1998). Alguns modelos descrevem claramente classificações para plantas. Por exemplo, o modelo 25 descrito na publicação de Grime (1988) descreve uma classificação baseada em estratégias funcionais de espécies plantas. Nesse modelo Grime descreve plantas com melhor habilidade para explorar o recurso do meio (competidoras), plantas que resistem melhor a condições impeditivas ao crescimento e reprodução (tolerantes a estresse) e plantas que não são boas competidoras mas crescem e se reproduzem rapidamente (plantas ruderais). Apesar de esse mecanismo ser descrito especificamente para plantas, já houve discussão sobre aplicação desse mecanismo para animais e a se concluiu que mesmo não existindo muita evidência, não existe razão teórica para supor que esse mesmo padrão de estratégias funcionais não pudesse ocorrer em outros níveis tróficos (Grime, 1988). Entretanto, supor que um mecanismo possa ser utilizado para explicar outros níveis tróficos para o qual ele não foi proposto não é o mesmo que dizer que muitos modelos consideram mais de um nível trófico para explicar o fenômeno da sucessão.

Em resumo, a maioria dos modelos propostos não descreve explicitamente um mundo no qual a sucessão é um processo influenciado por muitos níveis tróficos. Além disso, a existência de mais de um nível trófico não parece nem uma consequência lógica direta dos modelos descritos e nem uma premissa para concepção dos modelos. O nosso resultado indica que a existência de mais de um nível trófico não é uma propriedade do mundo natural estritamente necessária para conceber sucessão em comunidades. O exemplo dos múltiplos níveis tróficos é ilustrativo porque boa parte dos mecanismos representados nos modelos continuariam a funcionar abdicando completamente de múltiplos níveis tróficos. Frankland (1992) descreve como sucessão se dá em fungos, organismos heterotróficos, que precisam de apenas substratos com nutrientes. Esse é um modelo em que sucessão ocorre, no mundo natural, e não mais que um nível trófico participa no processo. O fato que observamos é que, de maneira geral, a comunidade estudando o domínio de sucessão tem dado pouca atenção ao papel dos diferentes níveis tróficos no processo de sucessão. Isso não quer dizer que considerar modelos que consideram mais de um nível trófico não seja

relevante para geração de novos conhecimentos ou preenchimento de lacunas de conhecimento no domínio. A proposta de Pickett et al (2011) parece estar alinhada com a visão de que novos modelos dentro do domínio revelaram particularidades importantes sobre o processo de sucessão e a comunidade deveria estar atenta a outros níveis tróficos no desenvolvimento dos seus modelos.

As três proposições sobre os agentes da sucessão são conflitantes ou de baixa relevância para os modelos que identificamos. De acordo com o descrito nos modelos avaliados, mecanismos sucessionais podem ser explicados por parâmetros no nível de organização de indivíduos, de populações e de comunidades. Portanto, existem mecanismos explicativos da sucessão nos três níveis de organização. Assim como o conjunto de modelos utiliza diferentes classificações de indivíduos para conceber processos importantes para sucessão (e.g. csr, típicos de estágio sucessional inicial e tardio, equivalentes competitivos), comunidades de diferentes tipos também são consideradas (e.g. comunidades de plantas, comunidades de animais, comunidades contendo mais de um nível trófico).

2.4.2 Proposições sobre as causas da sucessão

Proposição 4: Sucessão resulta dos processos de distúrbio, disponibilidade diferencial de espécies para um sítio e performances diferencial entre as espécies no sítio.⁷

Proposição 5: As causas da sucessão podem operar em qualquer escala de tempo.⁸

Qualquer um dos modelos de sucessão precisa necessariamente assumir que algo causa a sucessão. Portanto, uma proposição que faz afirmativas sobre a causa da sucessão é necessariamente uma proposição relevante. A questão a ser analisada para a proposição quatro está relacionada a sua validade. É preciso, para tanto, entender se é possível assumir que as causas da sucessão são os processos descritos na proposição 4 em todos os modelos identificados.

A análise do texto explicativo em Pickett et al (2011) nos indica que os autores estão tentando estabelecer as condições suficientes e necessárias para que haja sucessão. Isso fica evidente quando os autores afirmam “nenhum mecanismo de sucessão mais específico que venha a ser identificado no futuro vai estar fora desse quadro de explicação causal, mas vai meramente acrescentar detalhes à lista hierárquica de causas” (Scheiner & Willig, 2011, página 196). Isso implica que as causas da sucessão são esses processos. Esses três processos podem ser apresentados para sistemas mais específicos, mas sempre serão esses três processos. Se essas são as causas últimas da sucessão, a sucessão somente pode existir caso esses processos estejam presentes (condições necessárias). E se qualquer causa evocada para explicar sucessão é uma versão mais específica desses processos, não é necessário (e nesse caso, nem possível) evocar mais processos (condições suficientes).

É importante notar, entretanto, que os autores não afirmam que os três processos precisam ocorrer concomitantemente para haver sucessão. O que fica evidenciado pela afirmativa “Mesmo que perturbação aja antes das outras três causas e prepare o cenário para a mudança no sistema,

⁷Succession results from processes of disturbance, differential availability of species to a site, and differential performance of species within a site.

⁸Successional causes can operate on any time scale.

disponibilidade diferencial ou performance diferencial de espécies é suficiente para gerar mudanças sucessionais” (Scheiner & Willig, 2011, página 195). Então o que causa sucessão é distúrbio e disponibilidade diferencial de espécies ou distúrbio e performance diferencial de espécies. Assim, a proposição pode ser considerada inválida se houver um modelo que: (i) não considere o distúrbio um processo causal necessário, que libera porções do recurso; (ii) não considere diferenças entre as espécies na sua probabilidade de ocupar o recurso liberado, seja por diferenças de performance seja por diferenças de disponibilidade de propágulos; (iii) considere essas condições e processos, mas declarem que além desses é necessário que haja uma outra condição ou processo não contemplado pelos três.

A nossa primeira observação é que dentre os 30 mais importantes elencados 13 não descrevem distúrbio como algo essencial para que haja sucessão. Pickett et al (2011) definem perturbação como “eventos particulares que alteram a estrutura física da comunidade ou causam mortalidade de organismos estruturalmente ou funcionalmente dominantes.” A sucessão é definida pelos próprios autores como “a mudança na estrutura ou composição de um grupo de organismos de diferentes espécies em um sítio ao longo do tempo.” Existe a possibilidade de haver mudança na estrutura ou composição de um grupo de organismos sem que haja morte de indivíduos. Por exemplo, é possível haver mudança na estrutura da comunidade em um processo de chegada sucessiva de novas espécies sem que qualquer indivíduo tenha morrido. Esse caso pode ser observado no modelo 11 descrito em Egler (1954). Conforme descrito na síntese (Anexo I), nesse modelo todas as espécies chegam a um sítio no momento de colonização inicial por um processo de crescimento diferencial das espécies a estrutura da comunidade muda ao longo do tempo. Outro exemplo icônico é o modelo 19 descrito em Hubbell (2001). Nesse modelo a mudança na comunidade acontecem pela dinâmica estocástica de nascimentos mortes e migrações. Portanto, de acordo com o conjunto de modelos amostrados, o distúrbio, como definido pelos autores, não é uma condição necessária para que haja sucessão. O que é necessário é uma dinâmica de liberação do recurso, ou seja, que frações de recurso tornem-se disponíveis a uma certa taxa. Esta taxa define a quantidade de recurso liberado por evento (intensidade) e a frequência com que isso acontece. O distúrbio definido por Pickett et al (2011) é um caso particular de liberação de maior quantidade de recurso por evento, mas não é a única forma. Além da dinâmica de nascimentos e mortes já indicada (baixa intensidade, maior frequência), um recurso pode se tornar disponível por ser adicionado ao sistema, como a emersão de uma ilha vulcânica ou uma entrada de detritos em um lago.

Quando explicando o que é a disponibilidade diferencial de espécie, (Pickett et al, 2011) enunciam “Essa disponibilidade diferencial é gerada pela variação nas capacidades intrínsecas das espécies de se dispersar no espaço, dormência no tempo e proximidade e conectividade de fontes de migrantes para o sítio de estudo”⁹ (Scheiner & Willig, 2011, página 193). A descrição da performance diferencial das espécies descrevem “Performance diferencial engloba todos os processos de estabelecimento, crescimento, sobrevivência, reprodução e mortalidade que plantas,

⁹This differential [availability] is driven by variation in species’ inherent capacities for dispersal in space, dormancy through time, and proximity and landscape connectivity of sources of migrants to the study site

animais e micróbios sofrem”¹⁰(Scheiner & Willig, 2011, página 194). Dadas essas descrições, podemos interpretar essas duas condições como uma probabilidade diferencial de cada espécie usar uma fração disponível do recurso. Essa probabilidade diferencial pode ser causada por características intrínsecas de cada espécie (e. g. habilidade de cada espécie de competir pelo recurso), pelas características estruturais das populações (e. g. abundância de cada espécie), ou características espaciais do sítio (e. g. distância da comunidade fonte). A proposição é inválida no conjunto de modelos se algum dos modelos não considerar essa probabilidade diferencial de uso do recurso como necessária para sucessão.

Uma grande parte dos modelos tem como foco explicações das diferentes probabilidades de uso do recurso atribuídas a diferenças entre atributos das espécies, portanto em última instância a diferenças de nicho. Alternativamente, o modelo 19 (descrito em Hubbell (2001)) considera que probabilidade diferencial de uso de recurso se dá pela diferenças de abundância entre as populações. O modelo 14 (original de MacArthur & Wilson, 1963), entretanto, parece um modelo que contraria essas condições. Segundo a síntese desse modelo “o balanço entre taxas de extinção e de imigração determina a riqueza de espécies.” (Anexo I). Assim de acordo com esse modelo, a taxa de extinção e imigração em um sítio são propriedades da comunidade suficientes para estabilizar a riqueza de espécies. Para falar de sucessão conforme definido no domínio, temos que supor que mesmo com a riqueza de espécies estabilizada em um sítio, existe troca das espécies que compõem a riqueza, o que causa uma mudança composicional e portanto, sucessão. Para que haja substituição de espécies é preciso que haja fornecimento de recurso, mas mesmo que todas as espécies tenham igual probabilidade de fazer uso do recurso disponível, apenas por estocasticidades a comunidade inteira pode se modificar.

A proposição 5 é que as causas da sucessão enunciadas na proposição 4 podem operar em qualquer escala. Aparentemente, os autores fazem questão de ressaltar essa propriedade dos processos que causam sucessão porque, segundo eles, houve uma mudança de perspectiva com relação à escala de tempo das causas. Isso fica evidente quando os autores declaram “Sucessão vem sendo construída tradicionalmente para agir em uma escala de tempo da ordem de 1 a 10³ anos, enquanto as escalas de tempo paleoecológicas e sazonais foram excluídas. Entretanto, nós não vemos nenhuma razão convincente para tais exclusões.” Então a proposta deles baseia-se não no que a comunidade vem considerando, mas no que eles acham que precisa ser mudado. Temos três considerações importantes para fazer sobre a proposição 5. A primeira é sobre a generalidade da afirmação, a segunda sobre a suposta exclusão das escalas de tempo sazonais e paleoecológicas e a terceira é sobre a real relevância dessa proposição para o domínio.

Na forma como foi enunciada, a proposição 5 sempre será considerada uma extrapolação sobre um conjunto finito de modelos. Os modelos, de maneira geral, adotam uma única escala de tempo, o que significa que para demonstrar que a comunidade aceita que a sucessão opera em qualquer escala de tempo seriam necessários infinitos modelos, um para cada uma das infinitas escalas de tempo possíveis. Uma proposição coerente com o conjunto de modelos poderia dizer

¹⁰Differential performance encompasses all the processes of establishment, growth, survival, reproduction, and mortality that plants, animals, and microbes employ.

que as causas da sucessão operam desde a menor escala observada nos modelos até a maior escala observada nos modelos. Qualquer afirmativa para além disso é uma extrapolação. Extrapolações sobre um conjunto de modelos podem se tornar boas hipóteses testáveis com o desenvolvimento de novos modelos. Entretanto, a proposição 5 não é testável, porque não podemos construir modelos em todas as escalas de tempo.

Discordamos, entretanto, do padrão apresentado pelos autores para justificar essa proposição. A comunidade não desconsidera escalas de tempo paleoecológicas e sazonais. Por exemplo, o modelo 25, descrito em Grime (1988), propõe uma estratégia funcional ruderal em que plantas colonizam rapidamente um ambiente se reproduzem deixando uma próxima geração e morrem antes da chegada de melhores competidores. Grande parte dos exemplos de plantas ruderais são anuais de inverno ou anuais de verão (Thompson & Grime, 1979) – plantas que têm todo o seu ciclo de vida dentro de um ano. Essas plantas modificam o ambiente, se reproduzem enviando propágulos para outros sítios e morrem. Essa modificação do ambiente se enquadra em um processo de sucessão envolvendo as três causas de sucessão e ocorrem em menos de um ano. Outro exemplo que vai de encontro ao afirmado pelos autores da proposição é o modelo 19. Um dos principais padrões de modificação da comunidade descritos nesse modelo opera em escalas espaciais continentais e escala de tempo de evolução das espécies nos continentes. Nesse modelo a disponibilidade de espécies é dada em última instância pela especiação. O distúrbio causa a extinção e a performance diferencial é dada pelas extinções estocásticas (Hubbell, 2001). Esse processo também envolve as três causas da sucessão e opera em escala temporal paleoecológica. Portanto, uma proposição que afirme que os processos causadores de sucessão ocorrem desde escalas paleoecológicas até escalas de tempo sazonais estaria retratando bem o conjunto de modelos que existem.

Reduzindo o escopo da proposição 5 para as escalas de tempo observada no conjunto de modelos a tornaria menos genérica frente aos modelos. Entretanto, é importante se questionar sobre a necessidade de chamar atenção para essa propriedade das causas da sucessão para a concepção dos modelos observados. Como já notado, os autores parecem evocar essa propriedade das causas da sucessão porque, segundo eles consideram importante que haja essa mudança de perspectiva. Aparentemente divergimos de Pickett et al (2011) em quais são os critérios para uma proposição estar enunciada como fundamental na teoria. Todos os nossos argumentos para considerar uma teoria são sobre o que está sendo utilizado pela comunidade para conceber modelos. Os autores da proposição 5 parecem prescrever essa mudança de perspectiva sobre a escala da sucessão, uma vez que eles afirmam que essa perspectiva não está representada nos modelos do domínio. É difícil entender, entretanto, porque eles prescrevem essa mudança de perspectiva. Podem existir muitas propriedades do fenômeno que nunca foram representadas nos modelos e para as quais não foram apresentadas razões para que não sejam representadas. Por exemplo, as causas da sucessão provavelmente podem operar para a flora intestinal de animais. Essa suposição é baseada nas condições necessárias e suficientes enunciadas na proposição 4. Qualquer cenário onde as três condições enunciadas na proposição 4 podem ser verdadeiras têm o potencial para que haja sucessão. Podemos fazer uma lista de todas as situações para as quais não existe razão para supor que as condições enunciadas na proposição 4 não possam ocorrer.

A situação enunciada na proposição 5 é só uma delas. Não vemos motivo para considerar essa situação especial em relação às outras.

2.4.3 Proposições sobre a trajetória da comunidade.

Proposição 6 : O resultado sucessional líquido da interação entre indivíduos é A) tolerância ou nenhuma interação efetiva, B) inibição ou C) facilitação da mudança composicional ou estrutural.¹¹

Proposição 7 : A composição de espécies em um sítio tende a se equilibrar com o ambiente prevalente do sítio.¹²

Proposição 8 : A forma específica da sucessão é contingente às condições iniciais, à estocasticidade da invasão e ao controle das interações das espécies.¹³

Proposição 9 : Sucessão produz gradientes temporais do meio físico, das comunidades bióticas e da interação entre os dois.¹⁴

Segundo (Pickett et al, 2011), as proposições seguintes sugerem as “formas e conteúdo geral” que devem caracterizar modelos de sucessão. Aqui eles enunciam proposições sobre os resultados da sucessão levando em consideração as proposições enunciadas anteriormente.

Aparentemente o objetivo dessa proposição é alertar que os diversos tipos de interação entre organismos sempre resultará em um processo de facilitação, tolerância ou inibição. Primeiro os autores dão um breve histórico sobre como no princípio da história da teoria de sucessão só se considerava facilitação e depois os processos de tolerância e inibição foram integrados a teoria. Depois os autores declaram “uma dada sequência sucessional vai provavelmente incluir os três efeitos líquidos de facilitação, inibição e tolerância. É incorreto esperar que a dinâmica sucessional de um sistema opere por apenas um tipo de efeito, mesmo que um possa dominar”¹⁵ (Scheiner & Willig, 2011, página 198). Essa proposição está estritamente relacionada à proposição 2. Enquanto a proposição 2 afirma que os padrões observados nas comunidades são fruto da interação entre indivíduos, a proposição 6 afirma que a interação entre indivíduos sempre gera os três efeitos descritos. Portanto, a forma como a interação entre indivíduos gera mudanças na comunidade é através dos efeitos de facilitação, inibição e tolerância. Como discutido previamente, alguns modelos não assumem necessariamente interações entre indivíduos no processo de sucessão (modelo 6, 14, 19, originais de Odum, 1969; MacArthur & Wilson, 1963; Hubbell, 2001, respectivamente). Esses três modelos contrariam a posição de Pickett et al (2011) em níveis diferentes. No modelo 6, porque as variáveis operacionais podem ser

¹¹Net successional outcomes of interaction between individuals are A) tolerance or no effective interaction, B) inhibition, or C) facilitation of compositional or structural change.

¹²The species composition of a site tends to equilibrate with the prevailing environment of that site.

¹³The specific form of a successional trajectory is contingent upon starting conditions, and the stochasticity of invasion and controls on species interactions.

¹⁴Succession produces temporal gradients of the physical environment, biotic communities, and the interaction of the two.

¹⁵a given successional sequence will probably include all three net effects of facilitation, inhibition, or neutrality and tolerance. It is incorrect to expect the successional dynamics of a system to operate via only one kind of net effect, though one may dominate.

propriedades ecossistêmicas, existe sucessão na medida que essas variáveis interagem entre si aumentando ou reduzindo o índice de outras propriedades (e. g. CO² aumenta produtividade primária). Nesse caso houve sucessão sem haver indivíduos, se alguém considera esses eventos como facilitação ou inibição, está usando definições desses processo diferentes da fornecida na maior parte do definido na literatura (ver ANEXO II e Connell & Slatyer, 1977). O modelo 19 (original de Hubbell, 2001) assume tolerância para a maior parte das definições de tolerância. Porque nesse modelo indivíduos de uma espécie ocupando todo um recurso impedem que outra espécie chegue ao local, e dependendo da definição também assume inibição. Entretanto, esse modelo nunca assume facilitação durante uma trajetória sucessional. O modelo 14 (MacArthur & Wilson, 1963, original de), por sua vez não assume nenhum processo exceto tolerância. Conforme discutido anteriormente, para que esse modelo seja capaz de explicar sucessão por si só, é necessário assumir que o sítio, embora com a riqueza de espécies estabilizada, sofre uma mudança composicional. Esse modelo assume que o uso do recurso espacial é limitado, portanto sítios menores têm populações menores (MacArthur & Wilson, 1963). A explicação para o uso do recurso limitado prescinde de interações entre espécies. Populações que não interagem minimamente com outras populações ainda serão limitadas pelo espaço e isso já é suficiente para causar o padrão de maior extinção em ilhas menores. Portanto existem modelos nos quais os três efeitos não aparecem no curso da sucessão e existem modelos onde os efeitos acontecem sem que haja necessidade de interação entre organismos.

As proposição 7, 8 e 9 parecem alertar sobre os resultados esperados da sucessão dada as três condições enunciadas na proposição 4. A proposição 4 afirma que uma vez que atendidas as três condições, a sucessão vai ocorrer. As proposições 7, 8 fazem afirmações sobre como a sucessão vai acontecer dependendo de outras condições e a proposição 9 narra qual o impacto da sucessão no sistema para além do processo de sucessão.

Tanto a proposição 7 quanto a proposição 8 evocam a interação entre organismos com outros organismos e com seus ambiente moldando a sucessão. De alguma forma, todos os modelos trazem a noção de que a performance diferencial das espécies é fruto da interação com seu meio. Alguns modelos explicam essa diferença na performance através das interações com propriedades do meio biótico e outros explicam com a interação com propriedades do meio físico e muitos com uma combinação dos dois. Se um ambiente possui uma propriedade prevalente é razoável supor que o resultado de todos os modelos irá ser uma comunidade que reflete a propriedade prevalente do meio. A justificativa para que essas duas proposições pareçam relevantes está associada à uma proposição mais genérica: os mecanismos associados à sucessão estão sujeitos às propriedades do meio onde eles ocorrem. Isso é o que está representado em todos os modelos. Uma consequência disso é que a trajetória da sucessão vai se conformar a propriedades dominantes no meio e outra é que se as propriedades estiverem sujeitas à contingências, a sucessão também estará. Mas existem outras consequências que não foram contempladas nas proposições 7 e 8. Por exemplo, o regime de distúrbio do ambiente também molda a direção da sucessão (17 dos 30 modelos consideram esse fator como direcionador da sucessão).

A proposição 9 afirma para além dos mecanismos e processos que explicam a sucessão.

Essa proposição é sobre o que a sucessão causa e os padrões que podem ser observados. Nem todos os modelos de sucessão descrevem os resultados da sucessão, porque boa parte dos modelos descrevem os mecanismos através dos quais a sucessão ocorre. Entretanto, a geração de gradientes temporais parece ser uma consequência lógica mesmo dos modelos que não dissertam explicitamente sobre as consequências do mecanismo proposto. Aparentemente (Pickett et al, 2011) consideram que gradientes são qualquer mudança em variáveis bióticas ou abióticas, em contraste com definição de gradiente como mudança monotônica e direcional em variáveis ambientais (e.g. Austin et al, 1994; Schneider et al, 1999). Isso fica evidenciado pelo exemplo dado pelos autores de gradientes de nutrientes em que alguns nutrientes aumentam e reduzem sua concentração ao longo da sucessão (ver Figura 9.3 em Scheiner & Willig, 2011). Essa proposição é uma consequência lógica de duas proposições mais genéricas que são assumidas por todos os modelos. Todos os modelos consideram que sucessão são mudanças nas comunidades bióticas no tempo e essa também é a definição de sucessão no domínio. Todos os modelos assumem que a comunidade é afetada e afeta o perfil do ambiente, mesmo que por modificar a quantidade de locais vagos (e. g. modelo 14 e 19 descritos em MacArthur & Wilson, 1963; Hubbell, 2001, respectivamente). Conforme a comunidade se modifica ao longo da sucessão ela também modifica o ambiente físico. Porque existe uma mudança nas comunidades e no ambiente físico as possíveis interações entre eles também se modifica. Portanto, essa proposição parece ser válida no conjunto de modelos, mas como uma consequência direta de proposições mais gerais.

2.5 Discussão

Os modelos que identificamos com os mais importantes dentro do domínio de sucessão não foram completamente compatíveis com as proposições de Pickett et al (2011) no capítulo sobre sucessão no livro de Scheiner & Willig (2011). As convergências e divergências entre o proposto por Pickett et al (2011) e o observado por nós nos modelos pode ser explicado por perspectivas particulares assumidas na construção no método ABoUT e as perspectivas adotadas pelos autores das proposições. A seguir discutimos como a aplicação do nosso método nos levaram a tal conclusão.

2.5.1 Aplicação do método e divergências

Apesar de grande parte dos argumentos desse manuscrito serem em favor de demonstrar a eficácia do método *ABoUT*, o método possui limitações. É importante que essas limitações sejam discutidas. Entretanto, temos argumentos para achar que as incoerências encontradas não foram devido à essas limitações.

Na aplicação do método assumimos que somos capazes de recuperar as atividades da comunidade dentro do domínio. Utilizamos um método de levantamento bibliográfico baseado em palavras-chave. Apesar de esse ser um dos métodos mais usados para levantamento bibliográfico na comunidade científica e não científica (Yu et al, 2009), não é razoável esperar que tenhamos identificado todos os manuscritos propõem modelos de sucessão. Parte dos modelos deve ter ficado fora do levantamento. De fato, cerca de 20% das publicações inseridas na rede não cita

as 100 publicações mais citadas dessa rede (Figura 2.1). Uma explicação para isso é que parte dos manuscritos da rede pode não estar tratando especificamente do tema e apenas usaram as palavras-chave por alguma outra razão. O que fizemos foi uma amostragem dos manuscritos se referindo no título ou no resumo ao termo sucessão dentro da categoria ecologia da base de dados mais usada do meio natural. Possivelmente temos publicações sobre o fenômeno da sucessão, conforme definido no domínio, em outras categorias da base de dados. Restringimos a categoria para ecologia porque tentamos dar uma perspectiva do domínio dentro da teoria da ecologia conforme definido por Scheiner & Willig (2011). A maneira como executamos o levantamento das atividades dentro do domínio foi restritiva.

As divergências mais notáveis entre as proposições e os modelos são que as proposições sobre agentes consideram apenas aqueles modelos individualísticos de sucessão e a proposição 4 considerou apenas modelos que incluem distúrbio como causa da sucessão. No conjunto de modelos, os modelos individualísticos foram contemplados, entretanto modelos não individualísticos também foram contemplados. O conjunto de modelos também incluía modelos que consideravam distúrbio como causa da sucessão, entretanto também considerava modelos que não usavam distúrbio como causa. Isso significa que as proposições de fato conflitantes com o conjunto de modelos propunham uma visão de sucessão mais restritiva que a observada nos modelos. Em nossa amostragem das atividades da comunidade desconsideramos categorias que não ecologia e desconsideramos outras bases de dados que não Web of Science. Se essa restrição fosse a razão da divergência entre os modelos identificados por nós e as proposições feitas por Pickett et al (2011), esperaríamos que os modelos fossem mais restritivos que as proposições. Isso porque um levantamento restritivo poderia ter desconsiderado parte da comunidade que considera outros modelos como importantes. O nosso levantamento das atividades da comunidade revelaram uma visão de sucessão mais inclusiva, portanto, o levantamento não pode ter sido a causa da divergência.

Outra particularidade do método *ABoUT* que precisa ser discutida é a premissa de que os modelos são utilizados como um todo pela comunidade dentro de um domínio. Modelos são descrições do mundo que podem ser descrito por uma série de proposições que se encadeiam em uma sequência lógica (Morgan & Morrison, 1999). Um modelo pode ser referido em uma comunidade apenas por uma das suas proposições e não o conjunto inteiro. Temos uma expectativa de que o nosso método é capaz de detectar esse tipo de diferença. Conforme descrito na sessão 2.2.4 a síntese dos modelos é feita somente a partir da interpretação de muitos trechos de texto em que membros da comunidade estudando sucessão citam a publicação onde o modelo original foi descrito. Se a comunidade como um todo está se referindo apenas a parte do modelo, então isso deveria se refletir na síntese. Essa premissa é tão mais forte, quanto menos a publicação relevante é conhecida. Entretanto, para publicações relevantes muito conhecidas é possível que a síntese tenha sido influenciada pelo conhecimento prévio dos colaboradores sobre o modelo. Existe a possibilidade de que colaboradores tenham adicionado em sua síntese conceitos que não estavam presentes nos trechos produzidos pela comunidade, mas baseados em seu entendimento prévio do modelo. Por exemplo, estamos assumindo que para a comunidade o que é importante para o modelo proposto por MacArthur & Wilson (1963) é como as taxas de

imigração e emigração se equilibram definindo a riqueza de determinado sítio e isso pode ser tanto para ilhas quanto outros ambientes insulares (ver modelo 14 no Anexo I). Como visto esse modelo é um contraponto a muitas proposições da teoria proposta por (Pickett et al, 2011), porque esse modelo não considera interações entre indivíduos de espécies diferentes. Entretanto, se a comunidade estudando sucessão está se referindo apenas um detalhe do modelo de MacArthur & Wilson (1963), ou usa-o como explicação alternativa à sucessão definida de uma maneira mais estrita, então o nosso resultado está enviesado por um erro metodológico. Isso pode ser conferido nos trechos dos artigos do domínio que citam a publicação original (Anexo II). Por exemplo, a publicação de Dosch et al (2007) é sucessora da publicação de MacArthur & Wilson (1963). Dosch et al (2007) descrevem a relação entre chuva de sementes e trajetória sucessional. No trecho em que citam MacArthur & Wilson (1963) os autores não somente se referem ao padrão observado no modelo de MacArthur & Wilson (1963) – fragmentos maiores têm mais espécies – como sugerem que a proximidades de tais fragmentos significa maior chuva de sementes, em outras palavras maior taxa de colonização.

Larger rain-forest fragments have higher diversity of plants and animals than smaller ones (MacArthur & Wilson, 1963) and thus should be greater source pools for recolonization of adjacent patches.

Portanto, essa publicação, descreve padrões de sucessão e explica esses padrões através de mecanismos apresentados no modelo biogeografia de ilhas conforme descrito na síntese (Anexo I, modelo 14).

Outro exemplo é o trabalho de Schrama et al (2012) em que ele estuda regras de montagem ao longo da sucessão. Nesse trabalho ele cita:

Decreasing vegetation quality (Van der Wal et al. 2000b) and increasing structural complexity (increasing amount of dead organic material and standing biomass, and increasing vegetation height) are typical for many successional sequences (Odum, 1969).

Aqui o autor explica que tendências gerais nas propriedades da comunidade acontecem no curso da sucessão, conforme o modelo descrito em Odum (1969) prevê. E depois comenta que a sucessão é uma dinâmica de retroalimentação, na qual modificações que acontecem em um ponto ao longo da sucessão permitem que outras modificações aconteçam no futuro (Schrama et al, 2012). Portanto, essas propriedades da comunidade guiam o curso da sucessão.

Esses e outros exemplos nos convencem de que a comunidade citando modelos que contrariam as proposições de Pickett et al (2011) estão concebendo sucessão de uma maneira diferente da dos autores e não usando parte dos modelos em um contexto diferente para o qual foi criado o modelo. Mais exemplos sobre como os membros da comunidade citam as publicações relevantes podem ser encontrados no Anexo III.

2.5.2 Visão clássica e moderna de sucessão

Uma das explicações para haver divergência entre as proposições elencadas por Pickett et al (2011) e os modelos que levantamos através do método *ABoUT* é que Pickett et al e o nosso método partem de posições diferentes no que diz respeito ao papel das proposições. Enquanto nosso método segue uma visão nitidamente pragmática dentro da visão semântica de teoria, Pickett et al (2011) seguem uma visão ligeiramente mais axiomática dentro da visão semântica.

Uma das noções básicas da visão pragmática é que a teoria reflete a atividade de uma comunidade (Winther, 2016). Pickett et al (2011) apresentaram proposições, que ao nosso ver, têm o objetivo de promover uma visão “moderna” de sucessão. Segundo Pickett et al (2011) existem duas linhas de concepção de sucessão, a “moderna” e a “clássica” (ver Tabela 9.1 em Scheiner & Willig, 2011). Aparentemente, Pickett et al elencaram proposições que da visão “moderna”. Portanto, porque a visão clássica ainda é assumida por muitos membros da comunidade, existem choques entre as proposições elencadas em (Pickett et al, 2011) e os modelos levantados através do *ABoUT*.

Pickett et al (2011) argumentam que a visão de que a sucessão ocorre no nível da comunidade é uma visão clássica, e que na nova visão a sucessão é um processo individualista. Um dos mais relevantes estudos da sucessão está descrito na publicação de Odum (1969), na qual ele descreve que mudanças sucessionais se acontecem também em propriedades da comunidade, como biomassa total, mudanças no depósito de nitrogênio etc. Esse portanto, seria um modelo pertencente a teoria clássica de sucessão. Entretanto, esse modelo ainda é um dos mais citados dentro da comunidade e portanto aparece na lista de modelos mais relevantes do domínio. Isso revela que a proposição que afirma que a sucessão é um processo individualístico, não é totalmente disseminada na comunidade estudando sucessão.

Uma questão relevante a ser analisada, se os modelos que contrariam a visão moderna, são citados pela mesma comunidade enquanto que não contrariam são citados por outros membros da comunidade. Isso revelaria que existem de fato duas comunidades separadas, uma que adota a visão clássica e outra que adota a visão moderna de sucessão. Essas duas comunidades indicariam que existem dois subdomínios em sucessão, com duas teorias diferentes sobre o fenômeno. Entretanto, existe a possibilidade, que os mesmos membros da comunidade que citam modelos que contrariam a visão moderna, também citando modelos que contrariam a visão clássica e vice-versa. Este cenário revelaria que essas duas visões, conforme definido por Pickett et al (2011), não são dicotômicas, mas são um contínuo dentro do domínio de sucessão.

Os choques entre modelos que abrangem visão moderna e visão clássica com as proposições para somente a visão moderna levam à conclusão de que algumas proposições são inválidas no conjunto de modelos. Entretanto, Pickett et al (2011) apresentam não somente as proposições necessárias para conceber os modelos modernos de sucessão, como também aquelas que revelam uma mudança na visão conceitual sobre sucessão. Porque os autores focam nessa mudança de perspectiva, as proposições que contemplam essa mudança ganham relevância ainda que a comunidade estudando o domínio dê pouca atenção ao que foi contemplado. Esse parece ser o caso da proposição 3, que afirma que mais de um nível trófico age durante a sucessão. Poucos modelos de fato consideram mais de um nível trófico agindo na sucessão. E quando

muito, mais níveis tróficos são considerados como agentes de distúrbio, não peças interagentes da comunidade que sofre a sucessão. Outro exemplo é a proposição 5, que afirma que os processos de sucessão podem ocorrer em qualquer escala de tempo. Nenhum dos modelos identificados precisa necessariamente assumir essa flexibilidade de níveis tróficos de tempo e nenhum menciona a escala de tempo na descrição dos seus modelos. Se essas proposições não parecem relevantes para conceber a maior parte dos modelos mais importantes do domínio, é difícil argumentar, sob uma visão pragmática, porque essa proposição deveria estar sendo mencionada no enunciado da teoria, ainda que não seja inválida. A real relevância dessas proposições é que elas revelam uma mudança de perspectiva sob essas propriedades específicas. Outras propriedades da sucessão poderiam ser igualmente relevantes, mas não apontam uma diferença entre a sucessão “clássica” e a “moderna”, portanto não foram mencionadas.

2.5.3 Conceitos e mecanismos importantes para sucessão

É importante notar que 6 dos 30 modelos mais importantes do domínio não levam a palavra sucessão em suas síntese (modelo 4, 7, 14, 19, 22, 24) (ver Anexo I). Esses não foram pensados para entender o processo de sucessão, mas trabalham com conceitos e mecanismos importantes na estruturação de comunidades. O modelo 4, terceiro mais citado, (Tabela 2.1) descreve como distúrbios causam aumento de riqueza em intensidade e frequências intermediárias. Os modelos 7, 22 e 24 propõem diferentes mecanismos através dos quais a competição altera a estrutura da comunidade. Os modelos 14 e 19 descrevem mecanismos neutros para explicar diversidade. Esses conceitos aparecem com alta frequência no restante dos 30 modelo que explicitamente tratam de padrões sucessionais. Os modelos neutros aparecem com uma frequência menor e talvez isso seja explicado por que o reconhecimento mecanismos neutros é relativamente novo no entendimento sobre sucessão.

Pickett et al (2011) definem o domínio de sucessão a partir do que eles denominam como visão “neutra” de sucessão. Sob essa visão, o foco da sucessão deixa de ser sobre padrões determinísticos e passa a ser sobre mecanismos que explicam a mudança das comunidades no tempo. Eles então definem o domínio como “as mudanças na estrutura e composição de um grupo de organismos de diferentes espécies no tempo.” Uma concepção não determinística da sucessão admitiu que são importantes para o domínio abordagens que contemplem o papel da deriva (sensu Vellend, 2010), bem como não considerem o determinismo de modelos baseados em nicho. Entretanto, essa definição de sucessão agrega modelos ao domínio que não foram previamente pensados para lidar com a visão clássica de sucessão, como os que explicam diversidade por mecanismos neutros (MacArthur & Wilson, 1963; Hubbell, 2001). Isso parece estar claro para (Pickett et al, 2011).

Na proposição 4, Pickett et al (2011) assume que tanto modelos neutros de diversidade quanto modelos que consideram nicho fazem parte do domínio de sucessão. Eles afirmam que um dos três processos fundamentais da sucessão é o de disponibilidade diferencial de espécies. E afirmam ainda que após um distúrbio, a existência de disponibilidade diferencial de espécies já é suficiente para que haja sucessão. Isso implica que a substituição de espécies que se dará ao longo do processo de sucessão será dada por uma dinâmica que não considera habilidade

diferencial entre as espécies, ou seja, uma dinâmica neutra de diversidade. Essa perspectiva de Pickett et al (2011) é coerente com que observamos. A maior parte das publicações que citam os modelos mais neutros de biodiversidade (e. g. MacArthur & Wilson, 1963; Hubbell, 2001), usa os mecanismos descritos nesses modelos para justificar como a disponibilidade de espécies se modifica e como isso impacta os padrões sucessionais (e.g. Arbesman, 2013; Schrama et al, 2012; Dosch et al, 2007) (ver Anexo III). O conjunto de modelos que identificamos mostra que a inclusão de modelos de dinâmicas mais neutras no domínio não é incoerente, uma vez que esses modelos aparecem entre os 30 mais citados de uma rede de quase 30 mil publicações. Na agregação dos modelos neutros à visão clássica de sucessão, Pickett et al (2011) parecem considerar alguns aspectos, mas ignorar outros. Por exemplo, boa parte das proposições elencadas por eles consideram as interações individuais como motor da sucessão. Uma proposição que carrega afirmativas como essa contraria boa parte dos modelos neutros.

A inclusão do distúrbio como processo obrigatório para que haja sucessão (proposição 4), também parece ser motivado pela perspectiva neutra de sucessão. O distúrbio, segundo Pickett et al (2011), é o que permite que uma comunidade que se estabeleceu a muito tempo continue sofrendo processos de sucessão e possa inclusive regredir a processos iniciais de colonização. De fato, o distúrbio aparece com frequência como agente motriz em uma sucessão não determinística e que acontece continuamente entre os modelos identificados (Anexo I). Entretanto, a definição de sucessão que acompanha a visão neutra de sucessão é muito inclusiva e inclui modelos para os quais o processo de distúrbio – conforme definido pelos autores – é dispensável na sucessão. Por exemplo, o próprio modelo neutro descrito em Hubbell (2001) prescinde de distúrbio. A sucessão pode ocorrer através da troca de indivíduos um a um sem que haja distúrbio. E conforme definido no domínio, isso ainda seria considerado sucessão.

Mas não somente modelos neutros – novidades no domínio – são contrariados pelo foco em mecanismos baseados em interações individuais e necessidade da existência de distúrbio. O modelo de sucessão de Clements (1916) ou mesmo o de Odum & Barrett (1971) são considerados modelos de sucessão clássicos (McIntosh, 1986; Pickett et al, 2010). Esses modelos baseiam-se em mecanismos que agem em níveis de organização acima de indivíduos e portanto são contrariados pelas proposições baseadas em modelos. O modelo de sucessão descrito por Egler (1954) não assume distúrbio. Esse modelo descreve o processo de sucessão como uma mera filtragem de espécies ao longo do tempo. A explicação de Pickett et al (2011) para a não contemplação desses modelos, é que esses modelos são antigos e a visão moderna de sucessão substituiu esses modelos por outros. Entretanto, essa afirmativa é incompatível com o conjunto de modelos que identificamos. O modelo descrito por Odum (1969) é o 6º mais citado entre os 30 identificados e o modelo descrito por Egler (1954) o 11º (Tabela 2.1).

A nossa interpretação sobre o observado é que a visão neutra de sucessão tem uma importância forte no domínio. Entretanto, a visão neutra de sucessão dá importância à conceitos e mecanismos diferentes dos propostos por Pickett et al (2011). Diferentemente do proposto por Pickett et al (2011), a visão de que mecanismos sucessionais podem ser entendidos em níveis de organização acima do indivíduo não caíram em desuso, conforme indicado pelo índice de citação de Odum (1969) na rede (Tabela 2.1). Além disso, a entrada de modelos neutros da

diversidade no domínio de sucessão trouxe outras formas de discutir processos sucessionais baseados em níveis de organização superiores ao do indivíduo. Mecanismos baseados em nicho como os que utilizam competição para explicar diversidade ainda são bastante utilizados nos modelos. Portanto, o domínio de sucessão parece ser hoje um domínio bastante inclusivo quando considerando os conceitos e mecanismos mais importantes do processo.

2.5.4 As proposições da teoria pragmática de sucessão

Pickett et al (2011) propuseram uma teoria que em parte reflete a visão da comunidade e em parte prescreve novas perspectivas para a comunidade em uma perspectiva específica de sucessão. O método *ABoUT* é capaz de identificar os modelos mais importantes dentro do domínio de forma que esses modelos possam ser analisados e suas proposições comuns possam ser identificados. Com essa análise concluímos que podemos elaborar proposições das propostas por (Pickett et al, 2011). Esses autores estruturaram a apresentação das suas proposições em três tipos: proposições sobre agentes, proposições sobre causas e proposições sobre trajetórias. As proposições que elaboramos estão baseadas em dois critérios i) elas devem contemplar todos os modelos identificados como os mais importantes do domínio pelo ABoUT, ii) qualquer modelo que assuma essas proposições como válidas devem ser modelos do fenômeno delimitado no domínio.

Scheiner & Willig (2011) argumentam que “porque teorias constitutivas têm o intuito de construir modelos específicos, suas proposições devem ser afirmações mais precisas que representam os potenciais componentes individuais dos modelos.” e ainda “A ligação causal entre padrões e processos, o comportamento semelhante a leis que procuramos em teorias, acontece através das proposições das teorias constitutivas.” Portanto, para tentar elencar as proposições que unificam os modelos identificados temos que entender quais componentes são tratados como base conceitual para esses modelos. Elaboramos proposições que não usem explicitamente o conceito de sucessão de forma que possamos avaliar mais claramente que as proposições são sobre conceitos no domínio de ecologia. As proposições são sobre conceitos gerais em ecologia, a forma que esses conceitos assumem e o conjunto dessas formas é que delimita o subdomínio de sucessão como uma teoria constitutiva da ecologia. Portanto elaboramos as proposições de acordo (Quadro 2.2). Consideramos que essas são as proposições necessárias para conceber qualquer um dos modelos identificados. Além disso, parece que qualquer modelo que descreva o mundo natural conforme descrito nas proposições, será um modelo que descreve sucessão conforme definido no domínio.

Quadro 2.2 — Proposições pragmáticas da teoria de sucessão.

Proposição 1

A cada instante de tempo há uma probabilidade não nula que alguma fração de recurso estará disponível para uso.

Proposição 2

As espécies têm probabilidades diferentes de tomar uma fração de recurso que se torna disponível. Essa diferença pode se dar por (a) probabilidades diferentes de colonização; (b) probabilidades diferentes dos indivíduos no local ou seus propágulos tomarem o recurso.

Proposição 3

A dinâmica do recursos e as probabilidades de as espécies o tomarem são contingentes às abundâncias das espécies na comunidade e às condições ambientais. ■

Proposição 1 : A cada instante de tempo há uma probabilidade não nula que alguma fração de recurso estará disponível para uso.

Essa proposição propõe um processo que inclui o distúrbio como caso particular mas que contempla processo contidos em outros modelos que não se referem a distúrbio. O distúrbio (sensu Pickett et al, 2011), não é um processo necessário para que a sucessão, conforme definida no domínio, ocorra (como discutido na sessão 2.4.2). Entretanto, o que parece necessário para que haja sucessão em todas os modelos é uma disponibilização de recurso. Essa disponibilização de recurso pode se dar em diferentes frequências e intensidades. O distúrbio é um dos mecanismos pelos quais o recurso se torna disponível em altas intensidades e menor frequência, como é o caso descrito na síntese do modelo 8 (original de Pickett & White, 1985). Entretanto, em outros modelos a disponibilização de recursos se dá de maneira mais frequente e menos intensa, como é o caso do modelo 19 (original de Hubbell, 2001). Nesse modelo a sucessão ocorre pela mudança na abundância das espécies pela dinâmica de nascimentos e mortes. Quando o indivíduo de uma espécie é removido da comunidade, mesmo que por morte natural, outros indivíduos têm a chance de ocupar o recurso que foi disponibilizado. Com o tempo é possível haver mudança completa na comunidade sem que tenha havido distúrbio, mas graças a uma disponibilização frequente e pouco intensa de recurso.

O caso mais delicado é o modelo 14 (original de MacArthur & Wilson, 1963), no qual a modificação da comunidade não tem uma relação direta com a disponibilidade de recurso. Nesse modelo, a explicação para ilhas menores terem maior taxa de extinção está associada à ilhas menores terem populações menores, que por sua vez têm maior taxa de extinção devido a flutuações estocásticas (MacArthur & Wilson, 1963). Na versão mais fenomenológica do modelo, as espécies não competem entre si por espaço, mas a noção de que o espaço é disputado entre indivíduos é inevitável. Isso fica claro na explicação do porque ilhas menores têm populações menores. A explicação dada é que ilhas menores a capacidade suporte das populações mais baixa – no exemplo mais simples o recurso limitante é o espaço. Para esse modelo o recurso está sempre disponível pois as espécies podem colonizar o ambiente mesmo que não haja morte individual.

Proposição 2 : As espécies têm probabilidades diferentes de tomar uma fração de recurso que se torna disponível modificando a comunidade. Essa diferença pode se dar por (a)

probabilidades diferentes de colonização; (b) probabilidades diferentes dos indivíduos no local ou seus propágulos tomarem o recurso.

Essa é uma proposição sobre os mecanismos explicativos da sucessão. É importante notar que essa proposição faz alusão a mecanismos que não assumem deriva e mecanismos que assumem somente deriva e contingências. Os casos mais discutidos dentro do domínio não assumem nenhuma deriva. São casos descrevendo os mecanismos explicativos da sucessão baseados em interações entre indivíduos. Facilitação, tolerância e inibição (Connell & Slatyer, 1977), são alguns exemplos. A probabilidade diferencial de colonização é dado por características intrínsecas das espécies (ver Bazzaz, 1979, para exemplos) que resultam em habilidades diferenciais de tomar o recurso em ambiente físico e bióticos diferentes. Entretanto, mesmo os modelos mais neutros (MacArthur & Wilson, 1963; Hubbell, 2001) não assumem probabilidades iguais de as espécies tomarem o recurso. O modelo 19 (original de Hubbell, 2001), populações com maior abundância têm maior chance de tomar um recurso disponibilizado. Portanto, mesmo que as populações comecem com igual abundância, uma vez que um recurso se torna disponível as espécies terão diferentes probabilidades de colonizar o recurso disponível. Além disso, esse modelo considera que a origem diferenciada das espécies faz com que as espécies tenham diferentes probabilidades de colonizar um sítio no qual um recurso foi disponibilizado. No modelo 14 (original de MacArthur & Wilson, 1963), focando em um único sítio, o recurso está sempre disponível para os novos colonizadores e as espécies têm igual chance de colonizar esse recurso, entretanto as espécies têm chances diferentes de modificar a comunidade ao longo da sucessão. A chegada de indivíduos de uma população já estabelecida não modifica a comunidade modelada. A chegada de indivíduos de uma população nova modifica a comunidade. Em outras palavras, um indivíduo não pode colonizar uma ilha já colonizada pela sua espécie. Portanto, espécies diferentes têm diferentes probabilidades de modificar a comunidade, por uma probabilidade diferencial de colonização.

Proposição 3 A dinâmica da disponibilização de recursos e as probabilidades de as espécies o tomarem são contingentes às abundâncias das espécies na comunidade e às condições ambientais.

Essa proposição informa que os mecanismos básicos operando a sucessão estão sujeitos ao meio biótico e ao meio físico e também às mudanças decorrentes das probabilidades diferenciais de ocupação do recurso, definida na proposição anterior. Os diferentes padrões sucessionais são uma consequência de assumir essa proposição. Os modelos identificados descrevem as mesmas dinâmicas de disponibilização e tomada de recurso e os diferentes padrões sucessionais emergem considerando as diferentes abundâncias entre espécies e diferentes condições físicas do ambiente. A contingência dos padrões básicos é o que define as trajetórias sucessionais. Por exemplo, a mudança na comunidade em um modelo como o neutro (original de Hubbell, 2001, sintetizado no modelo 19), segue uma trajetória diferente a depender de qual população tenha a maior abundância. Alternativamente modelos que explicam a sucessão por mecanismos envolvendo interações entre indivíduos, como o modelo 15 (original de Bazzaz, 1979), levam a

diferentes trajetórias a depender das variáveis ambientais afetando os organismos. Essa proposição contempla as proposições sobre trajetórias informadas, mas vinculando aos mecanismos básicos da sucessão.

Concordamos com Pickett et al (2011, página 187) quando ele propõe que “a apresentação de proposições de uma teoria separadamente é um dispositivo artificial para propósitos retóricos. De fato, proposições de uma teoria estão ligadas umas as outras, e o significado de uma proposição emerge completamente somente quando a proposição é relacionada com os outros componentes de teoria.” Elencamos proposições que possam ser integradas facilmente para apreender todos os modelos identificados por nós como os mais relevantes do domínio. A integração dessas proposições leva a um modelo geral de sucessão a partir do qual podemos interpretar qualquer um dos outros modelos como casos específicos.

2.6 Conclusão

Nosso estudo mostra que é possível resgatar proposições baseadas nos modelos mais citados do domínio. A comparação entre as proposições elencadas por autoridades na área e as proposições elencadas por nós indica que existe uma diferença notável entre o que essas autoridades concebem como teoria do domínio e o que a comunidade estudando esse domínio usa como quadro teórico para embasar suas atividades. Acreditamos que essa divergência seja causada principalmente pela percepção diferente entre a visão pragmática e a adotada por Pickett et al (2011) sobre o que uma teoria deve refletir. Enquanto uma teoria pragmática deve refletir apenas a atividade dos cientistas no domínio, a proposta de Pickett et al (2011) para refletir tanto a atividades de parte do domínio, quanto refletir a proposta desses autores para mudanças no domínio.

Um dos resultados que chamam mais atenção no nosso trabalho é a agregação de mecanismos neutros à dinâmicas sucessionais. O histórico da teoria de sucessão mostra que boa parte dos mecanismos sucessionais utilizam mecanismos baseados em nicho (McIntosh, 1999; Pickett et al, 2010) a entrada de mecanismos neutros nas explicações sobre padrões sucessionais parece relativamente nova. Isso pode explicar a baixa frequência de processos neutros dentro dos 30 modelos sintetizados, em relação a processos envolvendo nicho. A novidade da agregação de modelos neutros no domínio também pode explicar o choque que algumas proposições apresentadas por (Pickett et al, 2011) tiveram com os modelos que usavam mecanismos neutros para explicar mudanças na comunidade. Esse resultado mostra que a aplicação do método é capaz de indicar não somente os conceitos mais consolidados historicamente no domínio, mas novos conceitos sendo explorados no domínio. Essa agregação de novos modelos indica áreas de exploração no domínio que possivelmente está repletas de lacunas de conhecimento. Um investimento de pesquisa nessas áreas deve mostrar novos conceitos, talvez importantes para um entendimento mais completo do fenômeno de sucessão.

Considerações finais

A aplicação do ABoUT no domínio de sucessão nos mostrou que a aplicação do método é exequível e produtiva. As nossas percepções sobre a utilidade do método no processo de entender um domínio de estudo se mostraram razoáveis. O método foi capaz de identificar um conjunto de modelos os quais estamos seguros que refletem a visão da comunidade sobre o domínio de sucessão.

Tomamos algumas decisões técnicas ao longo da execução do método. Essas decisões foram tomadas pensando em não agredir os princípios básicos do método, entretanto reconhecemos que alguns passos poderiam ser executados de outras formas também sem agredir os princípios básicos do método. O impacto dessas múltiplas formas de executar o método nos resultados não foi explorada na prática, e portanto podem haver melhores formas de executar cada passo. Isso indica que talvez o ABoUT ainda precise de refinamento metodológico. Entretanto, a aplicação do método como o fizemos foi capaz de gerar dados estruturados que podem ser usados para discutir as possíveis proposições usadas como base conceitual em um domínio.

Conforme discutido no capítulo 2, a comparação entre os modelos identificados como os mais importantes pelo método e as proposições feitas por autoridades no domínio de sucessão (Pickett et al, 2011), mostrou que pode existir divergência entre o que a comunidade pensa e o que autoridades propõem como teoria. Entretanto, nossa interpretação é que talvez o objetivo da teoria proposta por Pickett et al (2011) e o objetivo de uma teoria pragmática, como a que o ABoUT é capaz de identificar, sejam diferentes. O conjunto de proposições que apresentamos deve refletir os modelos mais usados pela comunidade estudando o domínio. O conjunto de proposições feitas por Pickett et al (2011) teve o objetivo de sintetizar um modelo de sucessão coerente que pudesse explicar e revelar novas padrões no domínio. Essa proposta tem o objetivo de chamar atenção para novidades conceituais no domínio as quais não tiveram tempo de ser muito citadas e também nubla conceitos que os autores não acham relevantes para entender o fenômeno. As proposições identificadas usando o ABoUT não podem ser usadas como uma nova visão sobre o fenômeno, uma vez que são reflexo do que já é muito discutido pela comunidade. Se existem problemas conceituais na atividade da comunidade, é possível que um modelo baseado nessas atividades não resolva esses problemas, mas apenas os reflita. O resultado do ABoUT, entretanto, pode ser usado para identificar problemas conceituais. O processo de entender a estrutura conceitual de um domínio é apenas o primeiro passo em resolver problemas (Pickett et al, 2010).

Para domínios mais polissêmicos e menos deve haver maior dificuldade na busca por publicações que representam a atividade das comunidades. Isso porque a maior parte das ferramentas de busca sistematizada se baseia em palavras-chave. Entretanto, uma vez que essa etapa esteja comprida, não vemos motivo para acreditar que o ABoUT possa ser aplicado do mesmo modo. Se essa expectativa for verdadeira, não vemos nenhum motivo para questionar a aplicabilidade do método em outros domínios na ecologia e outras áreas. Pretendemos continuar a explorar as

potencialidades do método em futuros estudos e esperamos que o restante da comunidade de ecólogos faça uso do método para entender seus próprios domínios de estudo.

Glossário

Conceito: Elaboração mental independente de linguagem (sensu Margolis & Laurence, 2014).

Domínio científico: Fenômeno ou classe de fenômenos estudada por uma comunidade de cientistas (Scheiner & Willig, 2011).

Formulação (de uma teoria): Organização de proposições fundamentais dessa teoria (sensu Suppe, 2000).

Modelo: Representações conceituais do mundo natural (sensu Morgan & Morrison, 1999).

Modelo relevante: Modelo usado com alta frequência como base conceitual para atividade científica em um domínio.

Princípios fundamentais ou proposições fundamentais: Proposições usadas como base conceitual na concepção dos modelos de uma teoria (sensu Scheiner & Willig, 2011).

Proposição: Assertivas baseadas em conceitos e que podem assumir valor de verdade (sensu McGrath, 2014).

Publicação Relevante: Publicação referenciada com alta frequência pela comunidade estudando o domínio.

Publicação Citante ou sucessor: Publicação que referencia uma publicação relevante.

Teoria: Quadro conceitual conectando princípios fundamentais à fenômenos (sensu Scheiner & Willig, 2011).

Teoria geral: Termo referencial para se referir a teorias que englobam outras teorias (sensu Scheiner & Willig, 2011).

Teoria Consitutiva: Termo referencial para se referir a teorias subjacentes a uma teoria geral (sensu Scheiner & Willig, 2011).

Visão pragmática: Análise filosófica sobre a natureza de teorias científicas, vertente da visão semântica, na qual a teoria é um reflexo das atividades dos cientistas (Winther, 2016, sensu).

Visão semântica: Análise filosófica sobre a natureza de teorias científicas na qual uma teoria é composta apenas de componentes semânticos (Suppe, 2000).

Visão sintática: Análise filosófica sobre a natureza de teorias científicas na qual uma teoria é composta por um componente teórico, um componente observacional e um componente semântico (Suppe, 2000).

Referências Bibliográficas

- AGAZZI, E. 2004. Right, Wrong and Science: The Ethical Dimensions of the Techno-scientific Enterprise. Rodopi.
- ARBESMAN, S. 2013. The half-life of facts: Why everything we know has an expiration date. Penguin.
- AUSTIN, M., NICHOLLS, A., DOHERTY, M. & MEYERS, J. 1994. Determining species response functions to an environmental gradient by means of a β -function. *Journal of Vegetation Science* 215–228.
- BARDGETT, R. D., RICHTER, A., BOL, R., GARNETT, M. H., BÄUMLER, R., XU, X., LOPEZ-CAPEL, E., MANNING, D. A., HOBBS, P. J., HARTLEY, I. R. ET AL 2007. Heterotrophic microbial communities use ancient carbon following glacial retreat. *Biology Letters* 3:487–490.
- BAZZAZ, F. 1979. The physiological ecology of plant succession. *Annual review of Ecology and Systematics* 10:351–371.
- BERNARD, H. R. & RYAN, G. W. 2009. Analyzing qualitative data: Systematic approaches. SAGE publications.
- BROSZKIEWICZ, P. 2013. Systemic Concept of Science as a Tool for Resolving Certain Science Problems. *International Journal of Social Science and Humanity* 3:461.
- CAMPBELL, R. & ROBERT, J. S. 2005. The structure of evolution by natural selection. *Biology & Philosophy* 20:673–696.
- CASTLE, D. G. 2001. A Semantic View of Ecological Theories. *Dialectica* 55:51–66.
- CLEMENTS, F. E. 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. 242. Carnegie Institution of Washington.
- COLYVAN, M. & GINZBURG, L. R. 2003. Laws of nature and laws of ecology. *Oikos* 101:649–653.
- CONNELL, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199:1302–1310.
- CONNELL, J. H. & SLATYER, R. O. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American naturalist* 1119–1144.
- COWLES, H. C. 1899. The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of lake michigan. part i.-geographical relations of the dune floras. *Botanical gazette* 27:95–117.

- DASTON, L. 1992. Objectivity and the escape from perspective. *Social studies of science* 22:597–618.
- DOSCH, J. J., PETERSON, C. J. & HAINES, B. L. 2007. Seed rain during initial colonization of abandoned pastures in the premontane wet forest zone of southern costa rica. *Journal of Tropical Ecology* 23:151–159.
- DRAKE, D., MARITZ, B., JACOBS, S., CROUS, C., ENGELBRECHT, A., ETALE, A., FOURIE, M., FURNISS, D., SCOTT, S., PARUSNATH, S. ET AL 2012. The propagation and dispersal of misinformation in ecology: Is there a relationship between citation accuracy and journal impact factor? *Hydrobiologia* 1–4.
- DRUMMOND, D. C. 2009. Replicability is not Reproducibility: Nor is it Good Science.
- EGLER, F. E. 1954. Vegetation science concepts i. initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development with 2 figs. *Vegetatio* 4:412–417.
- EL-HANI, C. N. 2006. Generalizações ecológicas. *Oecologia Brasiliensis* 10:3–.
- FRANKLAND, J. C. 1992. Mechanisms in fungal succession. *The Fungal Community: its organization and role in the ecosystem* 2:383–401.
- GIERE, R. N. 2010. Explaining science: A cognitive approach. University of Chicago Press.
- GLEASON, H. A. 1927. Further views on the succession-concept. *Ecology* 8:299–326.
- GORELICK, R. 2011. What is theory? *Ideas in Ecology and Evolution* 4.
- GOULD, S. J. 2002. *The Structure of Evolutionary Theory*. Harvard University Press.
- GRIME, J. P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American naturalist* 1169–1194.
- GRIME, J. P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, Chichester.
- GRIME, J. P. 1988. The csr model of primary plant strategies—origins, implications and tests. *Em Plant evolutionary biology*, 371–393. Springer.
- GRUBB, P. J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological reviews* 52:107–145.
- GUARIGUATA, M. R. & OSTERTAG, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest ecology and management* 148:185–206.
- HAGEN, J. B. 1989. Research perspectives and the anomalous status of modern ecology. *Biology and Philosophy* 4:433–455.
- HARPER, J. L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, Cambridge.

- HORTON, J. 1980. Nominal group technique. *Anaesthesia* 35:811–814.
- HUBBELL, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, Princeton.
- HULL, D. L. 1974. Philosophy of biological science. Prentice-Hall.
- HUSTON, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *American naturalist* 81–101.
- HUSTON, M. & SMITH, T. 1987. Plant succession: life history and competition. *American Naturalist* 168–198.
- HUSTON, M. A. & DEANGELIS, D. L. 1994. Competition and Coexistence: The Effects of Resource Transport and Supply Rates. *The American Naturalist* 144:954–977.
- KATZ, J. J. & FODOR, J. A. 1963. The Structure of a Semantic Theory. *Language* 39:170–210.
- KELLER, E. F. 2009. Making sense of life: Explaining biological development with models, metaphors, and machines. Harvard University Press.
- KIVI, K., KAITALA, S., KUOSA, H., KUPARINEN, J., LESKINEN, E., LIGNELL, R., MARCUSSEN, B. & TAMMINEN, T. 1993. Nutrient limitation and grazing control of the baltic plankton community during annual succession. *Limnology and Oceanography* 38:893–905.
- KOLASA, J. 2011. Theory makes ecology evolve. Em SCHEINER, S. M. & WILLIG, M. R. (eds) *The theory of ecology*, 21–49. Chicago, Illinois.
- KUHN, T. S. 2012. *The Structure of Scientific Revolutions: 50th Anniversary Edition*. University of Chicago Press.
- LAWTON, J. H. 1999. Are there general laws in ecology? *Oikos* 177–192.
- LESSER, E., FONTAINE, M. & SLUSHER, J. 2009. Knowledge and communities. Routledge.
- LEYDESDORFF, L. 1998. Theories of citation? *Scientometrics* 43:5–25.
- LEYDESDORFF, L. 2001. The challenge of scientometrics: The development, measurement, and self-organization of scientific communications. Universal-Publishers.
- MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 373–387.
- MARGOLIS, E. & LAURENCE, S. 2014. Concepts. Em ZALTA, E. N. (ed) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Spring 2014 painos.
- MARQUET, P. A., ALLEN, A. P., BROWN, J. H., DUNNE, J. A., ENQUIST, B. J., GILLOOLY, J. F., GOWATY, P. A., GREEN, J. L., HARTE, J., HUBBELL, S. P. & OTHERS 2014. On theory in ecology. *BioScience* 64:701–710.

- MCGRATH, M. 2014. Propositions. Em ZALTA, E. N. (ed) The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Spring 2014 painos.
- MCINTOSH, R. P. 1986. The Background of Ecology: Concept and Theory. Cambridge University Press.
- MCINTOSH, R. P. 1999. The succession of succession: a lexical chronology. Bulletin of the Ecological Society of America 80:256–265.
- MEINERS, S. J., PICKETT, S. T. & CADENASSO, M. L. 2002. Exotic plant invasions over 40 years of old field successions: community patterns and associations. Ecography 25:215–223.
- MEINERS, S. J., CADENASSO, M. L. & PICKETT, S. T. 2004. Beyond biodiversity: individualistic controls of invasion in a self-assembled community. Ecology Letters 7:121–126.
- MORGAN, M. S. & MORRISON, M. 1999. Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science. Cambridge University Press.
- MUSGRAVE, A. ET AL 1970. Criticism and the Growth of Knowledge: Volume 4: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965, osa 4. Cambridge University Press.
- MYSTER, R. & PICKETT, S. 1988. Individualistic patterns of annuals and biennials in early successional oldfields. Plant Ecology 78:53–60.
- NAGEL, E. 1961. The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation. Harcourt, Brace & World.
- NOBLE, I. R. & SLATYER, R. 1980. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. Vegetatio 43:5–21.
- OBRADOVIC, S. 2013. Empirical Evidence in the Structure of Physical Theories. Foundations of Science 18:307–318. WOS:000319436600005.
- ODENBAUGH, J. 2011. A general unifying theory of ecology? Em SCHEINER, S. M. & WILLIG, M. R. (eds) The theory of ecology. Chicago, Illinois.
- ODUM, E. P. 1969. The strategy of ecosystem development. Sustainability: Sustainability 164:58.
- ODUM, E. P. & BARRETT, G. W. 1971. Fundamentals of ecology, osa 3. Wiley, Philadelphia.
- O’HARA, R. 2005. The anarchist’s guide to ecological theory. or, we don’t need no stinkin’ laws. Oikos 110:390–393.
- PICKETT, S. & WHITE, P. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, San Diego.

- PICKETT, S., COLLINS, S. & ARMESTO, J. 1987. Models, mechanisms and pathways of succession. *The Botanical Review* 53:335–371.
- PICKETT, S., CADENASSO, M. & MEINERS, S. 2009. Ever since clements: from succession to vegetation dynamics and understanding to intervention. *Applied Vegetation Science* 12:9–21.
- PICKETT, S. T., CADENASSO, M. L. & MEINERS, S. 2013. Vegetation dynamics. Em VAN DER MAAREL, E. & FRANKLIN, J. (eds) *Vegetation ecology*, 172–198. Blackwell Oxford, UK.
- PICKETT, S. T. A., KOLASA, J. & JONES, C. G. 2010. *Ecological Understanding: The Nature of Theory and the Theory of Nature*. Academic Press.
- PICKETT, S. T. A., MEINERS, S. J. & CADENASSO, M. L. 2011. Domain and propositions of succession theory. Em SCHEINER, S. M. & WILLIG, M. R. (eds) *The theory of ecology*. Chicago, Illinois.
- RAPAPORT, D. 1960. The structure of psychoanalytic theory. *Psychological Issues* 2:1–158.
- ROSENBERG, A. 1985. *The Structure of Biological Science*. Cambridge University Press.
- SCHEINER, S. M. 2010. Toward a conceptual framework for biology. *The Quarterly Review of Biology* 85:293–318.
- SCHEINER, S. M. 2013. The ecological literature, an idea-free distribution. *Ecology Letters* 16:1421–1423.
- SCHEINER, S. M. & WILLIG, M. R. 2005. Developing unified theories in ecology as exemplified with diversity gradients. *The American Naturalist* 166:458–469.
- SCHEINER, S. M. & WILLIG, M. R. 2008. A general theory of ecology. *Theoretical Ecology* 1:21–28.
- SCHEINER, S. M. & WILLIG, M. R. 2011. *The Theory of Ecology*. University of Chicago Press.
- SCHNEIDER, C. J., SMITH, T. B., LARISON, B. & MORITZ, C. 1999. A test of alternative models of diversification in tropical rainforests: ecological gradients vs. rainforest refugia. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96:13869–13873.
- SCHRAMA, M., BERG, M. P. & OLFF, H. 2012. Ecosystem assembly rules: the interplay of green and brown webs during salt marsh succession. *Ecology* 93:2353–2364.
- SHELFORD, V. E. 1911. Ecological succession: 1. stream fishes and the method of physiographic analysis. *The Biological Bulletin* 21:9–35.
- SHUGART, H. H. ET AL 1984. *A theory of forest dynamics. The ecological implications of forest succession models*. Springer-Verlag.

- SMALL, H. 1973. Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for information Science* 24:265–269.
- SOBER, E. 1997. Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology. *Philosophy of Science* S458–S467.
- SOUSA, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual review of ecology and systematics* 15:353–391.
- STEGMÜLLER, W. & WOHLHUETER, W. 1976. The structure and dynamics of theories. Springer.
- STRONG, D. R. J. 1980. Null hypotheses in ecology. *Synthese* 43:271–285.
- SUPPE, F. 1977. The Structure of Scientific Theories. University of Illinois Press.
- SUPPE, F. 1989. The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism. University of Illinois Press.
- SUPPE, F. 2000. Understanding scientific theories: An assessment of developments, 1969-1998. *Philosophy of Science* S102–S115.
- SUPPES, P. 1961. A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences. Em *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences*, 163–177. Springer.
- SUPPES, P. 1964. What is a scientific theory? US Information Agency, Voice of America Forum.
- SWOYER, C. 1991. Structural Representation and Surrogate Reasoning. *Synthese* 87:449–508.
- TARSKI, A., MOSTOWSKI, A. & ROBINSON, R. M. 1953. Undecidable theories, osa 13. Elsevier.
- THOMPSON, K. & GRIME, J. P. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *The Journal of Ecology* 893–921.
- TILMAN, D. 1985. The resource-ratio hypothesis of plant succession. *American Naturalist* 827–852.
- TILMAN, D. 1987. Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological monographs* 57:189–214.
- TILMAN, D. 1988. Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. 26. Princeton University Press.
- TURNER, J. H., MARYANSKI, A. & FUCHS, S. 1991. The structure of sociological theory. Wadsworth Belmont, CA.

- VAN ECK, N. J. & WALTMAN, L. 2014. Citnetexplorer: A new software tool for analyzing and visualizing citation networks. *Journal of Informetrics* 8:802–823.
- VAN FRAASSEN, B. C. 1980. *The Scientific Image*. Clarendon Press.
- VAN FRAASSEN, B. C. 1986. Aim and structure of scientific theories. *Studies in Logic and the Foundations of Mathematics* 114:307–318.
- VELLEND, M. 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly review of biology* 85:183–206.
- VON BERTALANFFY, L. 1973. The meaning of general system theory. *General system theory: Foundations, development, applications* 30–53.
- WALTON, D. 2010. *Appeal to expert opinion: Arguments from authority*. Penn State Press.
- WATT, A. S. 1947. Pattern and process in the plant community. *Journal of ecology* 35:1–22.
- WEBER, M. 1999. The aim and structure of ecological theory. *Philosophy of Science* 71–93.
- WIECZOREK, S. K. & TODD, C. D. 1998. Inhibition and facilitation of settlement of epifaunal marine invertebrate larvae by microbial biofilm cues. *Biofouling* 12:81–118.
- WINTHER, R. G. 2016. The structure of scientific theories. In ZALTA, E. N. (ed) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Metaphysics Research Lab, Stanford University, winter 2016 painos.
- YU, J. X., QIN, L. & CHANG, L. 2009. Keyword search in databases. *Synthesis Lectures on Data Management* 1:1–155.
- ZHAN, C. & CHI, K. T. 2016. A network model for growth of publications and citations. *Journal of Complex Networks* cnw019.

Anexo I – Modelos identificados

Os modelos descritos aqui são conclusões diretas dos contribuidores na etapa 4 do método *ABoUT*. Como descrito nos métodos, cada descrição foi feita por um trio diferente de pessoas. Portanto, as descrições dos modelos estão em diferentes formatos textuais.

Modelo 1 – Descrito em Connell & Slatyer (1977)

Os mecanismos da sucessão são interações entre indivíduos que colonizam primeiro com os que colonizam depois um ambiente. Estes mecanismos são de três tipos: (i) facilitação: em que espécies que colonizam um local modificam o ambiente aumentando as chances de colonização por outras espécies; (ii) tolerância: em que espécies que colonizam um local não afetam as chances de estabelecimento de outras espécies; (iii) inibição: em que espécies que colonizam um local modificam o ambiente reduzindo as chances de colonização por outras espécies. A importância relativa desses mecanismos pode variar ao longo do tempo devido a mudanças nas condições ambientais. O funcionamento geral desses mecanismos é de um efeito de prioridade: as chances de colonização de um local por uma espécie são afetadas pelas espécies que colonizaram antes este local. O modelo não diz respeito às vias e mecanismos de chegada da espécie inicial (i.e. porque aquela espécie inicial é a inicial e não uma outra).

Modelo 2 – Descrito em Grime (1979)

O processo de sucessão ecológica envolve uma mudança na dominância relativa de cada tipo de estratégia ecológica de plantas ao longo do tempo até um ponto de equilíbrio, sendo determinado pelas condições bióticas e abióticas do ambiente inicial. Os três principais tipos de estratégias ecológicas de plantas são competidoras, ruderais e tolerantes ao stress. Estes tipos de estratégia ecológica são gerados pelos trade-offs de investir em competição ou em sobrevivência e de investir em crescimento ou habilidade competitiva. Em um gradiente ambiental entre produtividade e stress, dado tempo suficiente para a comunidade alcançar o equilíbrio, as espécies boas competidoras dominam no extremo de produtividade e as espécies tolerantes ao stress dominam no extremo do stress. Isso gera uma maior diversidade nas condições medianas do gradiente, onde ocorrem os dois tipos de espécies. Estresse e distúrbio são mecanismos diferentes que influenciam a diversidade de espécies na comunidade, respectivamente limitando a taxa de produtividade ou removendo a biomassa de plantas no ambiente.

Modelo 3 – Descrito em Grime (1979)

Distúrbios que removem biomassa permitem a chegada de espécies ruderais, retardando o efeito da exclusão competitiva e, portanto, o tempo para alcançar o equilíbrio. Em situações com frequência de distúrbio baixa, a tendência é que haja exclusão competitiva e poucas espécies dominem. Em situações com alta frequência de distúrbio, as espécies colonizadoras ruderais

devem dominar. Em situações com frequência intermediária de distúrbios, há uma mistura de espécies das diferentes estratégias, sendo esperado, portanto, maior diversidade.

Modelo 4 – Descrito em Connell (1978)

Ambientes com frequências/intensidades intermediárias de distúrbio devem apresentar maior diversidade em relação a ambientes com baixas e altas frequências/intensidades de distúrbio. Isso por que há um trade-off entre habilidade competitiva e de colonização. Ambientes com perturbações intensas e/ou frequentes são dominados por espécies que são boas colonizadoras (portanto piores competidoras). Quando há pouca perturbação, o ambiente é dominado pelas boas competidoras, que excluem as colonizadoras. Portanto, em níveis intermediários de perturbação haverá os dois tipos de espécies e a riqueza será máxima. Assim, em frequências/intensidades intermediárias de distúrbio haveria a coexistência de espécies pioneiras com espécies da comunidade clímax.

Modelo 5 – Descrito em Connell (1978)

Espécies com boa capacidade de colonização pós-distúrbio são diferentes das espécies melhores competidoras. Portanto, a diversidade de espécies será baixa nos estágios iniciais da sucessão, quando pioneiras dominam. A diversidade terá seu máximo em estágios intermediários, quando ainda há pioneiras mas as espécies secundárias e tardias já começam a se estabelecer; e a diversidade cairá de novo nos estágios finais, quando as pioneiras são eliminadas.

Modelo 6 – Descrito em Odum (1969)

O modelo proposto nesta publicação busca identificar padrões preditivos do processo de desenvolvimento (sucessão ecológica) de ecossistemas florestais, com base em características físico/químicas (e.g. nutrientes do solo, estoque de CO₂) e biológicas da floresta (e.g. composição de espécies, biomassa) a medida que a floresta madura, ressaltando também a interação bidirecional entre as partes físicas e químicas de um ecossistema.

O modelo propõe um processo direcional que começa num evento de distúrbio ambiental e alcança um estado de equilíbrio ao longo do tempo. Variáveis operacionais do modelo podem ser: produção primária bruta, respiração, diversidade de espécies (e consequentemente a mudança na diversidade alfa), armazenamento de carbono, taxa líquida de produção ecossistêmica.

O modelo prediz que nos estados iniciais as comunidades são dominadas por espécies colonizadoras, de rápido crescimento, enquanto que nos estágios tardios as comunidades são dominadas por espécies competidoras, cujo crescimento é lento. A diversidade aumenta ao longo da sucessão por migração, mas diminui através ao longo do tempo por competição.

Com relação as características físico/químicas, o modelo também prediz uma trajetória direcional na qual os estágios iniciais apresentam menor estoque de carbono e maior produção primária devido as altas taxas de respiração das espécies colonizadores, enquanto que estágios sucessionais tardios atingem um máximo de estoque de carbono e de produção primária.

Portanto, deve haver um acúmulo gradual de espécies ao longo do processo de sucessão,

culminando em uma comunidade estável em termos de riqueza/composição e também em produtividade primária. Por outro lado, a resiliência à perturbações em comunidades tardias tende a ser menor do que em comunidades iniciais, uma vez que em comunidades tardias as espécies são altamente especializadas, e em comunidades iniciais a produtividade é maximizada.

Modelo 7 – Descrito em Harper (1977)

A colonização de uma área por plântulas é a fase mais sensível do ciclo de vida vegetal (porque é a mais sujeita a competição biótica) e depende da disponibilidade de locais seguros (“safe sites”) que são locais com condições edáficas ou oportunidades adequadas para o recrutamento de plântulas, do banco de sementes (ou banco de propágulos) existente, que são todas as sementes viáveis (tanto dormentes quanto ativas) contidas no solo de uma área e do padrão de dispersão de sementes que prediz que as sementes estão concentradas mais o menos perto da planta mãe.

Modelo 8 – Descrito em Pickett & White (1985)

Os distúrbios naturais (“any discrete event in time that disrupts ecosystem, community or population structure and changes resources, substrate availability, or the physical environment”) geram heterogeneidade ambiental, principalmente por meio da modificação da disponibilidade de recursos limitantes, favorecendo a reorganização da comunidade em termos estruturais e de composição de espécies. Com isso, as comunidades são impedidas de atingir um estado estável, chamado pelo autor de clímax. Os efeitos dos distúrbios podem ser medidos por meio da perda de biomassa, estrutura, função e riqueza de espécies. As respostas dos ecossistemas aos distúrbios dependerão da qualidade e quantidade de recursos abióticos que influenciam a produtividade, do histórico de uso da terra e das características de vida das espécies (como habilidade competitiva). A Teoria de Dinâmica de Manchas explica como a maior diversidade de plantas ocorre em regimes de distúrbio intermediário, que criam manchas de espécies em estágios sucessionais distintos dentro da mesma comunidade. Ao manter as comunidades em estados transientes, os distúrbios também favorecem que comunidades em diferentes estágios sucessionais coexistam em uma escala espacial maior.

Modelo 9 – Descrito em Grubb (1977)

O nicho das espécies muda com o estágio de vida. O nicho de regeneração (i.e. o requerimento biótico e abiótico para substituir um indivíduo adulto) difere entre elas, e dada a heterogeneidade ambiental em micro escala, favorece a coexistência entre espécies. É também o nicho de regeneração que define a distribuição espacial dos indivíduos adultos, de forma que perturbações frequentes, ao alterarem as condições bióticas e abióticas, alteram quais espécies se estabelecerão em relação às espécies já estabelecidas, modificando a trajetória sucessional.

Modelo 10 – Descrito em Tilman (1988)

A publicação trata sobre a dinâmica entre fatores ambientais e sucessão ecológica/desenvolvimento vegetal. É proposto a hipótese de razão de recursos, que estipula a influência dos recursos existentes em um local sobre a comunidade vegetal e a competição inter-específica. Em estágios primários de sucessão, há disponibilidade de luz mas poucos recursos no solo, o que ocasiona competição subterrânea intensa. Em etapas posteriores de sucessão em que ocorreu acumulação de nutrientes, a competição passa a ser por luminosidade. Plantas que são boas captadoras de recursos em solos pobres (plantas colonizadoras) investem mais em raízes e são más competidoras em ambientes com abundância de recursos.

Modelo 11 – Descrito em Egler (1954)

O modelo afirma que as condições iniciais e processos estocásticos guiam o curso da sucessão. O modelo diz que a colonização se dá por espécies iniciais e tardias. Tanto pioneiras, quanto tardias permanecem ao longo da sucessão e a dominância delas se dá em tempos diferentes. Os processos estocásticos, agem principalmente nos estágios avançados da sucessão, onde a biomassa está concentrada em menos indivíduos. Esse modelo vai de encontro ao Modelo de Sucessão gradual, em que as espécies são substituídas por outras ao longo da sucessão.

Modelo 12 – Descrito em Cowles (1899)

Ao longo da sucessão, as mudanças de composição de espécies podem alterar as condições do solo, promovendo o estabelecimento de espécies diferentes. Esse processo leva a redução de anuais e aumento de gramíneas e especialmente lenhosas, e ao aumento da riqueza de espécies de plantas.

Modelo 13 – Descrito em Cowles (1899)

As espécies que formam dunas são gramíneas, arbustos ou árvores. Porém, a sucessão nas dunas leva a uma mudança progressiva e direcional de gramíneas para floresta mesofítica, através de mudanças na luminosidade e no solo causadas por cada espécie dominante sucessiva (que acabam facilitando o estabelecimento de espécies diferentes). No entanto, a trajetória sucessional depende da localização topográfica nas dunas.

Modelo 14 – Descrito em MacArthur & Wilson (1963)

Em ilhas, o balanço entre taxas de extinção e de imigração determina a riqueza de espécies. As taxas de extinção são maiores quanto menor a área da ilha, enquanto as taxas de imigração são maiores quanto menor seu isolamento em relação ao continente. Assim, a riqueza de espécies em ilhas é influenciada positivamente pelo tamanho da ilha e negativamente por seu isolamento. Fragmentos de habitats cercados por matrizes hostis funcionam ecologicamente como ilhas e, portanto, também são afetados pelos processos acima.

Modelo 15 – Descrito em Bazzaz (1979)

Este modelo assume que os traços de história de vida de espécies de plantas vasculares mudam conforme o estágio sucessiona progressa. Esses traços podem ser a capacidade de tolerância a luz, capacidade competitiva e de dispersão, defesa contra herbívoros, tempo de crescimento e tempo de vida.

O modelo prediz que diferentes estágios sucessionais devem apresentar comunidades com diferentes propriedades ecofisiológicas e/ou estratégias de maximização de uso dos recursos. Quando a luz é limitante, a diferenciação na estratégia de captura de luz é um mecanismo importante para as mudanças sucessionais e para a coexistência de espécies.

Plantas pioneiras são competidoras inferiores que necessitam crescer e consumir recursos rapidamente para dispersar continuamente para novos habitats abertos, e com isso seu tamanho e tempo de vida é inferior ao de plantas de estágios tardios, embora sua capacidade de dispersão seja superior. Plantas de estágios tardios, por outro lado, são mais eficientes em utilizar intensidades luminosas mais baixas, porém o fazem através de taxas fotossintéticas inferiores. A medida que a sucessão avança, a comunidade florestal aumenta tanto no número de estruturas de defesa contra herbívoros quanto em biomassa e densidade.

Modelo 16 – Descrito em Huston (1979)

O modelo sustenta que a intensidade do distúrbio e a exclusão competitiva são processos fundamentais para explicar a diversidade de espécies. Em ambientes de alta produtividade, espécies dominantes tenderão a excluir espécies inferiores, levando à uma baixa diversidade e à dominância de espécies de vida longa. Por outro lado, distúrbios intensos ou recorrentes podem diminuir a exclusão competitiva, uma vez que espécies de rápido crescimento e rápida recolonização serão favorecidas.

- Uma vez que:
1. A exclusão competitiva é um processo que reduz a diversidade e
 2. A exclusão competitiva é mais provável de ocorrer em ambientes estáveis e produtivos (estágios mais tardios da sucessão);
 3. Distúrbios intensos reduzem a diversidade ao eliminar espécies tardias incapazes de recolonização.

Logo, distúrbios intermediários devem promover maior diversidade de espécies do que distúrbios extremos ou ausência de distúrbio. Portanto, um equilíbrio dinâmico deve ocorrer, no qual competidores inferiores conseguirão persistir após um distúrbio até que os níveis de recursos aumentem ou diminuam, e então serão excluídos por competidores superiores a medida que a sucessão se aproxima do clímax.

Modelo 17 – Descrito em Huston & Smith (1987)

A sucessão – mudança sequencial na abundância relativa das espécies dominantes - é regida por trade-offs entre características diferentes. Espécies melhores dispersoras ou reprodutoras (i.e. com alta taxa de crescimento, que maturam mais cedo ou com gerações mais curtas) estão adaptadas a estágios iniciais (após distúrbio) e são substituídas por espécies melhores competido-

ras, adaptadas às condições criadas pelas espécies anteriores (e.g. menor luminosidade). Assim, a substituição de espécies é mais rápida nos estágios mais iniciais e a competição aumenta ao longo da sucessão.

Modelo 18 – Descrito em Grime (1977)

Em plantas, existe um “three-way trade-off” entre ser bom em competir por recursos, resistir a perturbação ou tolerar estresse. Esse trade-off estabelece três tipos funcionais de plantas: ruderais, com alta produtividade, alta dispersão/colonização e baixa capacidade competitiva; competitivas, com alta produtividade, baixa dispersão e alta capacidade competitiva e; resistentes a estresse, com baixa produtividade e alta tolerância a condições desfavoráveis. Ao longo do processo sucessional, condições ambientais mudam e, portanto, existe uma substituição no tipo de planta favorecido, a medida que favorece tipos funcionais diferentes de plantas.

Modelo 19 – Descrito em Hubbell (2001)

No modelo neutro, as espécies são todas demograficamente equivalentes, ou seja, têm iguais chances de morrer, reproduzir-se e colonizar um local. Neste contexto, os atributos (traits) das espécies não são importantes, e portanto não têm nenhuma relação com seu sucesso ou abundância numa comunidade. Assim, as variações de abundância no tempo e no espaço são processos estocásticos definidos pelas taxas de dispersão, especiação e extinção. Por isso, limitação à dispersão e abundância inicial de cada espécie no local e na paisagem são relevantes para a montagem das comunidades e portanto também para a sucessão.

Modelo 20 – Descrito em Pickett et al (1987)

Existem três causas gerais que determinam uma sucessão: disponibilidade da espécie, disponibilidade de espaço, e performance da espécie. Isto é, para que a colonização por uma espécie ocorra, é preciso que haja propágulos desta espécie, um sítio onde eles possam se estabelecer, e a espécie precisa ter uma performance que garanta sua sobrevivência por determinado tempo.

Modelo 21 – Descrito em Pickett et al (1987)

Distúrbios são importantes causas de mudanças na sucessão ecológica. Tolerância, facilitação e inibição podem atuar na sucessão ecológica ao mesmo tempo por uma mesma espécie.

Modelo 22 – Descrito em Watt (1947)

Comunidades vegetais são dinâmicas, no sentido de que a composição de espécies muda ao longo do tempo. Essas mudanças são regidas por perturbações e exclusão competitiva. Exclusão competitiva ocorrem quando há alta disponibilidade de recursos (ou produtividade) o que provoca baixa diversidade (a longo prazo) pois as espécies mais competitivas excluem todas as outras. Perturbações recorrentes podem prevenir a exclusão competitiva pelo fato de que existe um trade-off entre a capacidade de recolonização e capacidade competitiva. Em ambientes

ricos/produtivos a diversidade vegetal vai ser máxima em níveis intermediários de perturbação. Por sua vez, a alta diversidade vegetal favorece alta diversidade animal (ou pelo menos de insetos fitófagos).

Modelo 23 – Descrito em Tilman (1987)

A limitação de nutrientes molda a estrutura das comunidades de plantas, via processo de competição . Tanto quantidades muito limitadas quanto o enriquecimento de nitrogênio podem levar a redução de diversidade devido a exclusões competitivas. Espécies pioneiras são competitivamente superiores em ambientes pobres em nitrogênio, enquanto que plantas de estágios mais avançados de sucessão são competitivamente superiores em ambientes ricos em nitrogênio. Há interação entre recursos limitantes moldando a estrutura da comunidade. Por exemplo, pradarias são limitada em nitrogênio em anos úmidos e pela água em anos secos.

Modelo 24 – Descrito em Huston & DeAngelis (1994)

Padrões de diversidade variam amplamente e são influenciados por gradientes ambientais e pela história de vida dos organismos envolvidos. Gradientes ambientais podem ser reguladores (que influenciam diretamente o crescimento das plantas, como precipitação e temperatura) ou complexos (que influenciam outros recursos e os gradientes reguladores, como altitude). Já em relação à história de vida, diferenças de diversidade entre ambientes podem se relacionar à capacidade competitiva das espécies (que determina as taxas de exclusão competitiva). Os níveis de distúrbio também afetam a diversidade: distúrbios localizados parecem aumentar a riqueza de espécies e manter a resiliência do ecossistema ao redistribuir recursos e reduzir a competição, enquanto distúrbios muito intensos tendem a diminuir a riqueza. De modo geral, ambientes de baixa produtividade e baixa exclusão competitiva devem apresentar elevada taxa de turnover e alta diversidade, enquanto ambientes produtivos e de alta exclusão competitiva devem ter baixo turnover e, conseqüentemente, baixa diversidade. É importante destacar que formas de vida distintas podem apresentar respostas diferentes ao gradiente de produtividade. Por outro lado, espécies exóticas e nativas parecem responder da mesma forma, uma vez que apresentem similaridade de atributos.

Modelo 25 – Descrito em Grime (1988)

Espécies de plantas podem ser classificadas em 3 estratégias funcionais: Ruderal, Tolerante a estresse ou Competidora, ou intermediários entre duas dessas estratégias. As estratégias das plantas se relacionam à disponibilidade de recursos no ambiente, à ocorrência de distúrbios e a características das espécies. Para tal classificação de estratégias, é necessária uma chave com base numa lista ampla de informações ecológicas relevantes, como esforço reprodutivo, características de sementes, e tolerância a distúrbios.

Modelo 26 – Descrito em Noble & Slatyer (1980)

A sucessão ecológica após um distúrbio pode ser separada em duas fases principais: a fase de regeneração, na qual a competição é baixa e a abundância de indivíduos é determinada por processos regenerativos; e a fase de competição, na qual a regeneração terminou e a competição é alta e determina a abundância de plantas. Durante a fase de regeneração, espécies vegetais que se estabelecem primeiro são aquelas que: (1) possuem capacidade de rebrotar vegetativamente, (2) possuem banco de sementes no solo, ou (3) possuem propágulos que conseguem se dispersar rapidamente a partir de outras fontes. A frequência de distúrbios determina quais espécies serão favorecidas ao longo do processo de sucessão ecológica. Qual espécie será favorecida para dada frequência de distúrbios depende dos atributos funcionais das plantas (ex.: idade da primeira semente, longevidade das sementes no banco de sementes do solo, estratégia de dispersão, forma de vida, etc). Os atributos funcionais das plantas presentes nestes ambientes determinam a maneira pela qual as plantas colonizam o ambiente e podem ter sido selecionados pelos próprios distúrbios. Assim, através destes atributos funcionais é possível prever quais espécies resistirão aos distúrbios e se estabelecerão na fase regenerativa da sucessão ecológica.

Modelo 27 – Descrito em Tilman (1985)

The competition-based resource ratio hypothesis (RRH) of plant succession proposes that species are efficient to use one resource, but inefficient to use another (which is your limiting resource). So, RRH predicts that a trade-off between light availability and soil nutrient shall predict the plant species community composition, because plant species cannot enhance abilities to utilize both nutrients and light efficiently. Therefore, RRH determines whether competing species can coexist and, if not, which species will exclude others. It also predicts: 1) the highest diversity of competing species should occur at intermediate resource availability; 2) species composition in a community should change whenever the relative availability of limiting resources changes.

Modelo 28 – Descrito em Shugart et al (1984)

As respostas dos indivíduos frente às condições ambientais influenciam a composição e a estrutura da comunidade, explicando como ela muda ao longo do tempo. Estas respostas individuais são influenciadas pela taxa de crescimento, alometria, mortalidade e recrutamento da espécie, por características do grupo funcional da espécie, e pela competição com seus vizinhos. Com base nestas respostas individuais, é possível propor modelos para prever o caminho da sucessão ecológica após um distúrbio. Esse tipo de modelo usado para analisar sucessões florestais, descrevendo o crescimento e a mortalidade de indivíduos arbóreos e/ou simulando respostas de árvores ao ambiente, clima e distúrbios é chamado de gap-model.

Modelo 29 – Descrito em Sousa (1984)

Distúrbios abióticos são importantes agentes que influenciam a estrutura de comunidades por disparar os processos de sucessão ecológica. A resposta da comunidade à distúrbios dependem:

- das características ecológicas das espécies,

- do estágio de sucessão em que a comunidade se encontra no momento do distúrbio,
- e do tipo de distúrbio (sua extensão e frequência).

Modelo 30 – Descrito em Guariguata & Ostertag (2001)

Na sucessão ecológica de florestas tropicais secundárias, há uma sequência de fases caracterizadas pelo tipo de plantas encontradas na área: A) colonização por plantas herbáceas e arbustivas; B) substituição por plantas pioneiras intolerantes a sombra; C) as plantas com crescimento rápido e mais altas e longevas se estabelecem e constituem a maior parte da biomassa. Ao longo dessas fases, outras mudanças também ocorrem: 1) um investimento inicial concentrado em aquisição de recursos é substituído por um investimento em materiais estruturais; 2) a biomassa vai progressivamente aumentando; 3) a área basal aumenta de forma mais gradual que a cobertura vegetal; 4) a diversidade taxonômica e funcional aumentam; 5) aumento do número de espécies com indivíduos maiores, levando à estratificação da floresta.

Anexo II – Instruções para colaboradores

O documento a seguir descreve as instruções dadas aos colaboradores para executar a primeira etapa da identificação de modelos descrita na sessão 2.2.4

Instruções para a atividade de identificação de conteúdo

Obrigado pela disposição em colaborar com minha pesquisa de doutorado. Dependemos dessa colaboração para obter dados e ficamos muito gratos pelo seu tempo e dedicação.

CONTEXTUALIZAÇÃO DESTA ATIVIDADE NA TESE DE DOUTORADO

A minha tese de doutorado parte da proposta de Scheiner & Willig (2011) de que teorias em ecologia têm uma estrutura definida, que pode ser identificada e descrita objetivamente. Na proposta desses autores tal estrutura é uma hierarquia em que uma teoria geral abrange teorias constitutivas que por sua vez abrangem modelos. Teorias são formadas por proposições semânticas - afirmativas sobre o mundo natural que podem assumir valor de verdade. Os modelos de uma teoria são construtos conceituais que assumem que as proposições da teoria são verdadeiras. Os modelos operacionalizam as teorias, sendo usados para construir hipóteses, fazer previsões e interpretar resultados, por exemplo. Tal uso dos modelos também gera novas proposições ou modifica proposições da teoria. Assim, os modelos mais relevantes de uma teoria devem ser os modelos que levaram às proposições da teoria.

O questionamento geral da minha pesquisa é se é possível chegar às proposições de uma teoria a partir da análise de modelos descritos na literatura e que estão em uso pelos pesquisadores de um domínio.

Modelos em um domínio podem ser acessados através das publicações que os descrevem. O número de citações de uma publicação pode ser usado como um índice do quão o modelo descrito nesta publicação é usado pela comunidade. Portanto, as publicações mais citadas devem ser as que contêm os modelos mais relevantes para teoria. Entretanto, existem dois problemas na identificação de modelos pela análise direta das publicações relevantes em um domínio. (i) Em ecologia muitos modelos são verbais. Nesses casos frequentemente é difícil definir onde começa e termina a descrição de um modelo e a proposição principal derivada da exploração desse modelo. (ii) Portanto, para poder contornar esses problemas, estamos propondo uma análise de um conjunto de citações das publicações mais citadas pela comunidade. A análise tem o objetivo de identificar a principal ou principais contribuições à teoria contidas nas publicações, segundo a comunidade de pesquisadores deste domínio.

O processo de inferir qual a principal ou principais contribuições da publicação relevante em questão pela análise de suas citações possui um componente grande de subjetividade. Para avaliar o grau de subjetividade e também para chegar a um consenso intersubjetivo decidimos pedir a pesquisadores da área para identificar essas contribuições a partir das mesmas citações de maneira independente.

OBJETIVO DA ATIVIDADE

O objetivo da atividade é a identificação de modelos descritos nas publicações relevantes no domínio de sucessão ecológica. A identificação dos modelos deve ser feita pela análise de trechos que citam essas publicações relevantes.

INSTRUÇÕES GERAIS

Para essa atividade, considere qualquer afirmativa sobre o mundo natural como um modelo do mundo natural. Os modelos sobre o mundo natural que estamos interessados podem ser afirmações simples de como o mundo natural é e funciona. Ou um conjunto de afirmações que se combinam para formar uma descrição mais complexa do mundo natural.

Publicações relevantes foram aquelas mais citadas dentro do domínio. Como estamos interessados na teoria atual do domínio, consideramos os mais citados dos últimos 10 anos.

Você irá realizar a atividade para três publicações relevantes diferentes, para tanto você recebeu três documentos em pdf nomeados de acordo com a identificação da publicação relevante respectivas (exemplo: "Publicação Relevante XX.pdf"). Cada arquivo contém um conjunto de trechos de texto citando apenas uma publicação relevante. Nós substituímos a identificação da publicação relevante nos trechos pelo termo "[Publicação Relevante XX]" para evitar que o seu conhecimento prévio de alguma publicação influencie sua avaliação. Pela mesma razão, não indicamos a origem das citações.

Necessitamos que você analise o conteúdo dos trechos de texto para cada publicação relevante e responda à seguinte pergunta: **“Qual a principal ou as principais afirmativas sobre o mundo natural apresentadas na publicação relevante e que estão sendo usadas pela comunidade como fundamentação teórica?”**

Estimamos que o tempo necessário para a execução da atividade seja de 30 min a 1 hora para cada publicação relevante. Portanto, toda a atividade durará de 1:30 h a 3 h.

Não é necessário que a atividade seja feita em uma única vez.

Como proceder:

- Leia os trechos tentando entender qual afirmação ou afirmações o autor do trecho acredita existir na publicação relevante.
- Compare o conteúdo entre os trechos disponíveis que citam a mesma publicação relevante.
- Tente entender quais trechos trazem informações diferentes e novas. Existem muitas formas diferentes de passar a mesma informação. Muitas vezes informações sobre o modelo completo da publicação relevante estão distribuído em muitas citações.
- Dê atenção à frequência com que afirmações aparecem em trechos diferentes trechos. Assumimos que as principais contribuições de uma publicação relevante à teoria serão referidas com mais frequência que informações menos relevantes nessa mesma publicação.
- Tente diferenciar modelos diferentes descritos pela mesma publicação relevante. Uma mesma publicação relevante pode contribuir para a

teoria com mais de um modelo. Se você achar que é esse o caso, esteja segura(o) de que aquilo que você considerou como diferentes modelos não são apenas diferentes interpretações (ou fraseamentos) do mesmo conteúdo. Por favor, verifique também se as afirmações que você identificou como diferentes não são casos especiais de um modelo mais complexo.

- Desconsidere trechos que pareçam incoerentes ou pouco relacionados com qualquer outra citação. É possível que o autor do trecho tenha se enganado sobre o conteúdo da publicação relevante ou simplesmente citou a publicação errada. Portanto, se tiver confiança nesse tipo de erro sinta-se livre para desconsiderar essas citações no momento de intuir sobre os modelos da publicação relevante. Mas tenha em mente que esperamos uma frequência muito baixa de caso como esses.
- Recorra ao bestiário de citações em caso de dúvida. Este documento possui um pequeno bestiário de diferentes tipos de citação na última sessão. Se tiver dúvida para além disso, envie um e-mail para bruno.travassos@usp.br. Responderei o mais breve possível.
- Transcreva suas conclusões. Uma vez que você se sentir segura(o) de qual ou quais são as afirmações mais importantes contidas na publicação relevante que podem ser inferidas a partir da análise das suas citações, transcreva as suas conclusões. Uma vez que tiver conclusões para cada uma das três publicações relevantes crie um documento identificado, transcreva suas conclusões indicando quais as afirmações mais importantes em cada uma das três publicações relevantes. Para cada publicação relevante você pode transcrever as suas conclusões em um texto corrido explicando verbalmente as suas conclusões. Ou você pode escrever as assertivas principais do modelo descrito na publicação relevante em tópicos.
- Envie as suas conclusões para o e-mail bruno.travassos@gmail.com.

O que NÃO fazer

Estamos interessados nos modelos (ou conjunto de afirmações) da publicação relevante e que podem ser inferidas a partir das suas citações. Para tentar evitar possíveis mal entendidos fizemos uma pequena lista de resultados que não estamos interessados para você ter em mente.

- Não queremos uma síntese do conteúdo de todos os trechos de texto citando a publicação relevante.
- Não esperamos que a afirmação principal de uma publicação relevante seja necessariamente uma generalização capaz de abranger todas as afirmações contidas nos trechos de citação. Elaborar tal generalização não é o objetivo da atividade.
- Não temos interesse nas afirmações feitas nas publicações citantes. Tente separar o que o autor do trecho afirma do que ele dá a entender que é

afirmado na publicação relevante.

BESTIÁRIO DE CITAÇÕES

Existem muitos tipos de citações diferentes entre os trechos selecionados. Esses diferentes tipos de trechos contribuem de maneira diferente para a identificação das assertivas feitas na publicação relevante. Portanto fizemos um pequeno bestiário de tipos diferentes de citação esclarecendo como interpretar citações de alguns tipos.

Proposições referenciadas:

O caso mais simples e fácil de entender é quando o trecho contém uma proposição que está referenciada pela publicação relevante.

“Environmental conditions do not remain constant over succession, altering the strength and selectivity of abiotic and biotic filtering processes over time ([Publicação Relevante]).”

Em casos como esse é possível detectar facilmente o conteúdo que o autor do trecho diz existir na publicação relevante. Ele enuncia uma informação sobre o mundo natural e indica que essa afirmação é uma conclusão da publicação relevante.

Atribuição de definições ou cunho de termos:

Em muitos casos a publicação relevante está sendo citada apenas para informar que o autor do trecho está usando uma definição ou um termo cunhado na publicação relevante. Fique atento a expressões como *sensu* indicando que o autor do trecho não está referenciando a afirmação da sentença anterior, mas somente uma expressão ou definição nela.

“In an environment characterised by repeated disturbance and infertility, it is possible that these species constitute a stress-tolerant, disturbance-tolerant group (*sensu* [Publicação Relevante])”

No exemplo, a afirmação do autor do trecho é somente que os termos “stress-tolerant” e “disturbance tolerant” são definições da publicação relevante. Pode haver casos em que a principal contribuição de um autor para a literatura foi uma boa definição de algum conceito. Entretanto, frequentemente as definições fazem parte da proposta de um mecanismo ou processo.

Um exemplo entre muitos:

Algumas vezes os trechos falam de um fenômeno amplo e citam uma série de exemplos e a publicação relevante é apenas um desses exemplos. Fique atento(a) para entender qual a contribuição específica da publicação nesse fenômeno amplo.

“Different hypotheses included equilibrium mechanisms through niche partitioning (Tilman 1994); non-equilibrium coexistence dynamics (Huston 1994) related to disturbance ([Publicação Relevante]), predation and biotic interactions (Janzen 1970, Wills et al. 1997); fluctuations of environmental conditions (Chesson 2000); and balance between immigration/speciation and extinction (MacArthur and Wilson 1967, Hubbell 2001).”

No exemplo, o autor do trecho afirma que diferentes mecanismos de equilíbrio foram propostos. Entretanto, a publicação relevante em questão fala somente sobre um mecanismo de equilíbrio através de perturbação.

Comparação de resultados próprios:

Autores dos trechos podem estar simplesmente comparando resultados, seus ou de outros, com os observados na publicação relevante.

“Prach (1997) found that participation of C-strategists significantly increased during the first 10 years of succession, while R-strategists decreased. The same results were obtained by [Publicação Relevante].”

No exemplo o autor do trecho faz uma afirmação sobre o seu resultado, mas compara com o proposto na publicação relevante. Aqui é fácil entender que o resultado encontrado por Prach (1997) também foi observado pela publicação relevante.

Enunciação de hipóteses conhecidas:

Em alguns casos o autor cita a publicação apenas para dar o crédito de uma hipótese (ou modelo, ou teoria) que pode ser conhecida apenas pelo nome.

“Since the intermediate disturbance hypothesis was popularized by [Publicação Relevante]...”

A informação que temos é que a publicação relevante está sendo citada por causa da hipótese, mas não sabemos ao certo qual a hipótese. Nesse caso será necessário recorrer a outros trechos para entender o que é postulado nessa hipótese.

Citações parciais:

Muitas vezes a publicação relevante contém um mecanismo complexo e somente parte do mecanismo é discutido em cada trecho. Nesses casos é importante observar que se duas ou mais citações como essa não entram em conflito, mas a mais geral explica por que a publicação relevante está sendo citada para casos mais específicos. Observe esses dois trechos citando a mesma publicação relevante:

“Facilitation has long been recognized to potentially operate during the course of succession ([Publicação Relevante]).”

“[Publicação Relevante] identified three models of succession during community development in which early successional species can have either a positive (facilitation), neutral (tolerance), or negative (inhibition) effect on the establishment of later species.”

O primeiro trecho fala apenas do mecanismo de facilitação. O segundo fala de dois outros, além do mecanismo de facilitação. Comparando esses dois trechos podemos inferir que a publicação discorre sobre os três mecanismos, mas para o autor do primeiro trecho somente o mecanismo de facilitação importava. Nesses casos o segundo trecho justifica de maneira mais geral porque a publicação relevante também é citada para se referir a mecanismos mais particulares.

Obrigado pela sua contribuição! Se tiver interesse na nossa pesquisa e quiser mais informações, entre em contato pelo e-mail bruno.travassos@gmail.com.