



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ETNOBIOLOGIA E  
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA - PPGETNO**

**FLÁVIA ROSA SANTORO**

**O CONHECIMENTO MÉDICO LOCAL À LUZ DA TEORIA DA EVOLUÇÃO  
CULTURAL: PROCESSOS MICROEVOLUTIVOS EM UMA ANÁLISE TEMPORAL**

**RECIFE**

**2019**

**FLÁVIA ROSA SANTORO**

**O CONHECIMENTO MÉDICO LOCAL À LUZ DA TEORIA DA EVOLUÇÃO  
CULTURAL: PROCESSOS MICROEVOLUTIVOS EM UMA ANÁLISE TEMPORAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Etnobiologia e Conservação da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque. Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, UFPE.

**RECIFE**

**2019**

**O CONHECIMENTO MÉDICO LOCAL À LUZ DA TEORIA DA EVOLUÇÃO  
CULTURAL: PROCESSOS MICROEVOLUTIVOS EM UMA ANÁLISE TEMPORAL**

**FLÁVIA ROSA SANTORO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Etnobiologia e Conservação da Natureza.

**Tese defendida e aprovada em: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_**

**Presidente:**

---

**Prof. Dr. Ulysses Paulino Albuquerque (Titular)**  
**Universidade Federal de Pernambuco**

**Examinadores:**

---

**Prof. Dr. Washington Soares Ferreira Júnior (Titular)**  
**Universidade de Pernambuco**

---

**Dr. André Luiz Borba do Nascimento (Titular)**  
**Universidade Federal de Pernambuco**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos (Titular)**  
**Universidade Estadual de Alagoas**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Christini Barbosa Caselli (Titular)**  
**Universidade Federal Rural de Pernambuco**

---

**Prof. Dr. Marcelo Alves Ramos (Suplente)**  
**Universidade de Pernambuco**

---

**Prof. Dr. Gustavo Taboada Soldati (Suplente)**  
**Universidade Federal de Juiz de Fora**

*A todos que me serviram de espelho*

*“A ciência é escada encostada na jabuticabeira. (...)*

*Jabuticabas são gozadas com sabor. Saberes moram nas palavras. Sabores moram além das palavras”*

*(Variações sobre o prazer – Rubem Alves)*

## AGRADECIMENTOS

Ao LEA, nosso grande Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos, por tudo o que me ensinou sobre ciência, trabalho em equipe, discussões produtivas, exemplos e amizades. Por ser um sonho de laboratório que eu nunca poderia ter imaginado, por me fazer apaixonar cada vez mais pelo que faço, e me permitir sempre ter a certeza de que estava no caminho certo durante esses 7 anos. Sem dúvida, o que levo de melhor ao concluir essa etapa acadêmica é a minha vivência nessa casa.

Estendo assim meus agradecimentos ao meu querido orientador, Professor Ulysses Paulino de Albuquerque, por todas as oportunidades que me deu, por sempre ter uma resposta rápida, mesmo de longe. Por me permitir estar longe, quando eu precisei. Por ser um grande exemplo. Pela paciência, agilidade, inteligência, e por administrar tão bem o LEA.

Sigo agradecendo a todos os leanxs, pelas trocas. Mesmo aqueles que saíram do LEA antes que eu entrasse, especialmente fundamentais para a realização dessa tese. Mas principalmente aqueles que estiveram presentes comigo ora no mestrado, ora na “equipe Fulni-ô”, ora no doutorado. Nesse grupo incrível, gostaria de ressaltar a importância de Andresa, Josi, Tima, Marisol, Letícia, Ju Loureiro, Rafa Protá e as florezinhas Edwine e Ju Hora. Que maravilhoso é poder ter vocês como verdadeiros amigos no ambiente de trabalho. Também a Mirela, pela incrível ajuda em campo, Guara, Daniel, Taline, Paulo, Regina, Nylber, Joel, Riso, por serem maravilhosos companheiros. E também todos os novos leanxs que fazem acreditar que o mundo acadêmico tem muita gente boa.

Ainda no LEA, a Borba, por todo o crescimento que vimos um no outro, durante nossas quase co-construções de dissertação e tese. Eu penso na gente no começo e tenho muito orgulho do tanto que crescemos individualmente e como amigos. A Washington, eternamente grata pela sua orientação no início do meu mestrado e por ser aquele alicerce que sei que sempre está ali, sendo essa pessoa admirável em mil sentidos que sempre posso contar pra qualquer “viagem”. A Leo, por toda a ajuda com a estatística dessa tese e por todos os papos sobre qualquer assunto que saem sempre muito mais longos e produtivos do que o imaginado. Também por fazer o que você faz pelo LEA. A Vivi (quase leana), por ser minha companheira de estudos, pelos nossos intensivos de escrita nas retas finais das teses, interrompidos por necessárias práticas de corrida, meditação e yoga. Por me deixar morar na sua casa sempre que eu precisei, pela sua companhia.

Agradeço imensamente à comunidade do Carão, por sempre estar aberta ao grupo LEA, nos ajudando com toda a receptividade e carinho desde 2007. Principalmente gostaria de agradecer a Dona Rosália, Alexandre, Seu Edgar, Dona Anita, Dona Luzia e Seu Zuza, por todo o suporte logístico, mas principalmente por serem grandes exemplos de luta. Também pelos queijos e doces, por me ensinarem a fazer do começo ao fim o famoso doce de faxeiro.

Ao programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, por tudo o que aprendi e troquei com os discentes e docentes. Aos meus companheiros de turma, especialmente a Fernanda e Roberta, por serem sempre meu grupo de trabalho preferido em todas as disciplinas, pelas discussões e “brainstorms”, por todas as farras dos momentos pós-disciplinas.

A CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de doutorado.

Devo agradecer ainda a algumas pessoas que indiretamente foram essenciais para que eu pudesse concluir essa trajetória acadêmica. Se não fosse o Ju Colares e Malu acreditando e apoiando, eu não teria nem mesmo feito a seleção para o doutorado. Lembro de como me incentivaram e como Ju preparou meu dia da seleção. Agradeço por todas as conversas, crises, discussões profundas, amizade e todo o amor.

Agradeço a Rodrigo, por seu meu trevo de quatro folhas nesse caminho. Por me acompanhar desde as minhas inseguranças sobre fazer um doutorado ou não. Por ter me apoiado em seguir a academia, mesmo quando tínhamos uma grande oportunidade de outro estilo de vida no Rio de Janeiro. Por seguir comigo de perto e longe, em todas as nossas idas e vindas entre Recife, Rio, Argentina, Peru, etc. Por discordar de tudo o que eu falo, me fazendo ter que argumentar e pesquisar cada vez mais, e assim acreditar cada vez mais que eu amo ser cientista. Por todas as vezes que me ajudou a padronizar as referências bibliográficas, para que eu pudesse descansar um pouco. Por me ajudar a fechar esse grande ciclo de uma maneira mágica, iniciando um novo ciclo muito mais intenso. Pela paciência e pelo amor.

Por fim, à minha mãe, por tudo o que teve que se desdobrar pela minha formação profissional. Por ser meu maior exemplo de vida e que me faz sempre ter certeza que devo lutar por tudo o que quero e acredito (mesmo quando ela mesma não pensa ser o melhor caminho para mim).

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pag.</b>
<b>CAPÍTULO 2: Evolutionary ethnobiology and cultural evolution: opportunities for research and dialog</b>	
<b>Table 1:</b> General characteristics of genetic and cultural evolution.	27
<b>Table 2:</b> Key concepts of cultural evolution and their application to evolutionary ethnobiology	28
<b>Table 3:</b> Microevolutionary processes in cultural evolution	30
<b>Table 4:</b> Selected factors that affect knowledge distribution and/or transmission in social-ecological systems, and the possible contributions of cultural evolution to their study.	36
<b>CAPÍTULO 3 - What evolutionary processes guide strategies for healthcare?</b>	
<b>Table 1:</b> Results from this study analysis using the Generalized Linear Model (GLM).	66
<b>Supporting information S1 Table:</b> Descriptive statistics of data used in GLM analysis.	81
<b>Supporting information S2 table:</b> Diseases, sharing (citations) and quantity of medicinal plants (MP) for each disease in the two periods of analysis (P1 and P2), sharing of industrialized drugs (ID), incidence and severity of each disease.	83
<b>Supporting information S3 Table</b> Medicinal plants cited in the two periods of analysis	92
<b>CAPÍTULO 4 - Qual a importância da transmissão vertical na evolução de um sistema médico local?</b>	
<b>Material suplementar – Tabela 1:</b> Plantas medicinais citadas nos dois períodos de análise (P1= período 1; P2 = período 2).	116
<b>Material suplementar – Tabela 2:</b> Informantes nos dois períodos de análise, o número de enfermidades citadas para cada planta (alvos terapêuticos –AT), o número de plantas medicinais citadas (PM), o número de unidades de informação (UI) citadas (inclui o conjunto AT e PM), e a sua idade.	119
<b>Material suplementar – Tabela 3:</b> Modelos citados como preferidos, os vieses de modelo baseado nas justificativas de escolha do modelo dada pelos informantes e o número de citações de cada modelo para cada tipo de viés.	125
<b>Material suplementar – Tabela 4:</b> Plantas medicinais (PM) transmitidas por via vertical conservativa, o número de citações em cada período (T1 e T2) e a sua posição entre as mais citadas em cada ano.	127



## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	vii
<b>RESUMO</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	12
<i>Objetivos e questionamento</i>	12
<i>Estratégias de pesquisa</i>	14
<i>Estrutura da tese</i>	15
<b>CAPÍTULO 1 – Fundamentação teórica</b>	16
<b>CAPÍTULO 2 - Evolutionary Ethnobiology and Cultural Evolution:</b>	22
<b>Opportunities for research and dialogue</b>	
Abstract	22
Introduction	23
1. Cultural Evolution: basic assumptions	24
2. Microevolutionary processes in ethnobiology	29
2.1. <i>The importance of variation in microevolutionary processes</i>	32
2.2. <i>Cultural selection and cultural drift: competition and chance among cultural traits</i>	39
2.3. <i>Heredity in cultural evolution: the transmission of cultural traits</i>	42
3. Maladapted cultural traits	45
4. Conclusions	46
List of abbreviations	46
Declarations	47
References	47
<b>CAPÍTULO 3 - What evolutionary processes guide strategies for healthcare?</b>	56
Abstract	56
Introduction	57
Methods	60
Studied population	60
Ethical and legal aspects and experimental design	60
Local perception of diseases incidence and severity	62
Data analysis	63
Results	64

The local medical system throughout the time	64
Does the biomedical system cooperate with or compete with the local medical system?	65
What is the role of disease incidence and severity in the cultural selection of medicinal resources?	65
Discussion	67
Does the biomedical system cooperate with or compete with the local medical system?	67
What is the role of disease incidence and severity in the cultural selection of medicinal resources?	69
Limitations of the study	72
Conclusions	73
References	74
<b>CAPÍTULO 4: Qual a importância da transmissão vertical na evolução de um sistema médico local?</b>	95
Resumo	95
1. Introdução	96
2. Material e métodos	99
2.1. O sistema médico local	99
2.2. Aspectos éticos e legais e desenho experimental	100
2.3. Análise de dados	101
3. Resultados	103
4. Discussão	106
5. Conclusões	111
6. Referências	111
<b>CAPÍTULO 5: Considerações finais</b>	128
<i>5.1 – Principais conclusões</i>	128
<i>5.2 – Contribuições teóricas da tese</i>	129
<i>5.3 – Principais limitações do estudo</i>	130
<i>5.4 – Propostas de investigações futuras</i>	130
<i>5.5 – Orçamento</i>	131
<i>5.6 – Referências bibliográficas</i>	131

Santoro, Flávia Rosa (Dra.). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Fevereiro de 2019. O conhecimento médico local à luz da Teoria da Evolução Cultural: processos microevolutivos em uma análise temporal. Ulysses Paulino Albuquerque (Professor orientador).

## RESUMO

A Etnobiologia possui achados que revelam diversos processos evolutivos de uma cultura, e a Teoria da Evolução Cultural enriquece a interpretação desses achados, sendo uma importante ferramenta para o crescimento dessa ciência. Nesse contexto, os sistemas médicos locais mostram ser oportunos objetos de estudo para se entender a evolução de grupos culturais, uma vez que estão presentes em todas as populações do mundo, guiando sua sobrevivência. Diversos processos microevolutivos podem nortear o caminho evolutivo de sistemas médicos, e uma perspectiva diacrônica, mesmo em um curto espaço de tempo, é essencial para o acompanhamento e confirmação de tais processos. A busca de novos conhecimentos, incluindo através do diálogo com a biomedicina; a priorização de conhecimentos de acordo com a percepção da importância de cada enfermidade, como sua severidade e incidência; e as vias e vieses de transmissão que servem como pista para entender a direção e a velocidade da evolução da medicina local, são as principais questões aprofundadas nessa tese, que usa como modelo um sistema médico local do nordeste brasileiro, estudado em um intervalo de oito anos. Nossos achados nos mostram a importante cooperação entre a medicina local e a biomedicina, em que ambas são utilizadas para atender as prioridades de saúde de uma população, que é guiada principalmente pela percepção da incidência das enfermidades. O sistema médico local mostrou aumentar o seu acervo médico e o compartilhamento de informações ao longo do tempo para as enfermidades mais incidentes, sem necessariamente agregar mais erros de transmissão a essas informações. A transmissão de conhecimento ainda prioriza os modelos locais, em detrimento dos modelos da biomedicina, e tal transmissão se dá majoritariamente pela vertical, embora esse tipo de transmissão não se mostre tão conservativa quanto o esperado pela Teoria da Evolução Cultural. Além disso, outros modelos de aprendizado fora da família são buscados ao longo da vida dos indivíduos, sendo preferidos aqueles com maior prestígio ou sucesso no domínio de plantas medicinais, tornando a evolução do sistema médico muito mais dinâmica e apta a responder a distúrbios do que o teoricamente esperado de um sistema fundamentado na transmissão vertical. Respondendo essas questões, e com uma revisão bibliográfica baseada em apresentar a perspectiva da Evolução Cultural para etnobiólogos, a presente tese contribui para a estruturação da recente área da Etnobiologia Evolutiva, promovendo o diálogo entre duas importantes disciplinas e respondendo muitas questões ainda em aberto da literatura da Etnobiologia e da Teoria da Evolução Cultural.

Santoro, Flávia Rosa (Dra.). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Fevereiro de 2019. O conhecimento médico local à luz da Teoria da Evolução Cultural: processos microevolutivos em uma análise temporal. Ulysses Paulino Albuquerque (Professor orientador).

## **ABSTRACT**

Ethnobiology has findings that reveal several evolutionary processes of a culture. Cultural Evolution Theory enriches the interpretation of these findings, being an important tool for the growth of this science. In this context, local medical systems are opportune objects of study in view of understanding the evolution of cultural groups, since they are present in all the populations of the world, guiding their survival. Several microevolutionary processes can guide the evolutionary path of medical systems, and a diachronic perspective, even in a short time, is essential for the monitoring and confirmation of such processes. The search for new knowledge, including through dialogue with biomedicine; the prioritization of knowledge according to the perception of the importance of each disease, as its severity and incidence; and the routes and biases of transmission that serve as a clue to understand the direction and speed of the evolution of local medicine, are the main in-depth questions in this thesis, which uses as a model a local medical system of the Brazilian northeast, studied in a range of eight years. Our findings show an important cooperation between local medicine and biomedicine, both of which are used to meet the health priorities of a population, which is guided mainly by the perception of the incidence of diseases. The local medical system has shown to increase its medicinal stock and information sharing over time for the most incident diseases, without necessarily adding more transmission errors to these information. The transmission of knowledge still prioritizes the local models, instead of the biomedicine models, and this transmission occurs mainly by the vertical route, although this type of transmission does not show itself as conservative as expected by Cultural Evolution Theory. In addition, other models of learning outside the family are sought throughout the life of the individuals, being preferred those with more prestige or success in the field of medicinal plants, making the evolution of the medical system much more dynamic and able to respond to disorders than the theoretically expected of a system based mainly on vertical transmission. Regarding these questions, and with a bibliographical review based on presenting the evolutionary perspective for ethnobiologists, this thesis contributes to the structuring of the recent area of Evolutionary Ethnobiology, promoting the dialogue between two important disciplines and concluding many questions still open in the literature of Ethnobiology and Cultural Evolution Theory.

## INTRODUÇÃO GERAL

### *Objetivos e questionamentos*

Um tema que tem movido grande parte dos estudos de Etnobiologia é a preocupação com a manutenção do conhecimento tradicional frente a pressões ambientais e sociais. Nesse contexto, o uso de plantas medicinais tem sido uma das principais formas de acessar parte desse conhecimento, considerando a importância da medicina local tanto para a manutenção da saúde de pequenas comunidades quanto para estudos de bioprospecção e formulação de estratégias de conservação (DHAR et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2007; SRITHI et al., 2009). Em uma perspectiva evolutiva, assumimos que os sistemas médicos podem responder de forma adaptativa às pressões seletivas a que as populações humanas são submetidas (BERKES, 1999) e que tão importante quanto analisa-lo em um determinado momento é verificar a que velocidade ele pode se modificar, assim como quais são as forças que impulsionam possíveis modificações.

Com o intento de identificar e acompanhar as forças evolutivas que moldam os conhecimentos, crenças e práticas dos seres humanos de diversas culturas, pesquisadores das áreas da antropologia e psicologia têm-se utilizado de princípios da teoria evolutiva darwiniana para explicar processos de mudanças culturais, fazendo surgir a Teoria da Evolução Cultural (CAVALLI-SFORZA & FELDMAN, 1981; RICHERSON & BOYD, 2005; LALAND & BOOGERT, 2010; MESOUDI, 2011). Nesse contexto, podemos considerar que as informações presentes em uma cultura, como o tratamento de enfermidades com plantas medicinais, preenchem os requisitos para se comportar como os traços biológicos descritos por Darwin em sua teoria: variam, competem e são herdados (MESOUDI, 2011). Se tomamos uma escala de análise cultural pequena, como uma pequena população em um curto intervalo de tempo, podemos verificar os processos microevolutivos por trás da variação, competição e hereditariedade necessárias para a evolução. Tais processos se referem, por exemplo, à entrada de novas informações (migrantes) de conhecimento, aumentando a variação, aos vieses aos vieses que orientam a obtenção de conhecimento, que guiam porque algumas informações são priorizadas em detrimento de outras, e as vias de transmissão de conhecimento, que mostram os caminhos da hereditariedade (MESOUDI, 2011).

Diversos estudos da Etnobiologia apontam resultados que podem suportar alguns dos pressupostos microevolutivos da Teoria da Evolução Cultural que guiam o

comportamento humano. Além disso, a Teoria da Evolução Cultural carece de estudos empíricos para comprovar seus pressupostos (MESOUDI, 2011). No contexto de sistemas médicos locais, inúmeros exemplos da literatura etnobiológica podem apontar o caminho evolutivo dos cuidados a saúde, embora a perspectiva evolutiva tenha sido poucas vezes utilizada.

Por exemplo, já foi visto que a incidência e a gravidade percebida de uma enfermidade podem influenciar na quantidade de plantas medicinais conhecidas para tratamento (SANTORO et al., 2015; NASCIMENTO et al. 2016). Essas características próprias das enfermidades podem fazer com que as informações referentes a elas sejam priorizadas nos processos de memorização e transmissão de conhecimento, caracterizando um processo de seleção cultural (MESOUDI 2011).

Outra questão recorrente em estudos da Etnobiologia é a interseção do sistema médico local com o sistema biomédico (BELLIARD & RAMÍREZ-JOHNSON, 2005; GIOVANNINI & HEINRICH, 2009; ZANK & HANAZAKI, 2017). Do ponto de vista da evolução cultural, as informações provenientes da biomedicina podem ser vistas como informações migrantes, que podem substituir ou apenas complementar as informações preexistentes. Em estudos etnobiológicos ainda é frequente a ideia de que o conhecimento local é ameaçado por conhecimentos de fora de uma população, como aqueles da biomedicina (VANDEBROEK et al., 2004, CASE et al. 2005; RAGUPATHY et al. 2008; VANDEBROEK & BALICK, 2012). No entanto, essa questão ainda parece não estar resolvida, podendo ser esse fenômeno interpretado como adaptativo, formando sistemas médicos plurais (GIOVANNINI et al. 2011), ou depreciativo, diminuindo o papel do sistema médico local (VANDEBROEK & BALICK, 2012).

É também cada vez mais usual a utilização de termos da Teoria da Evolução Cultural para entender padrões etnobiológicos, principalmente em estudos que se debruçam sobre a transmissão de conhecimento. Os termos transmissão vertical, horizontal e oblíqua são bastante utilizados, embora poucas vezes a explicação evolutiva desses fenômenos sejam abordadas (ZARGER & STEPP 2004, LOZADA et al. 2006, EYSSARTIER et al. 2008). Com base nesses estudos, o conhecimento sobre plantas medicinais é majoritariamente transmitido por via vertical (LOZADA et al. 2006, EYSSARTIER et al. 2008, SOLDATI et al. 2015). As consequências evolutivas desse tipo de transmissão refletiriam uma evolução cultural lenta e uma estrutura de sistema médico heterogênea, o que pode não ser adaptativo em um domínio cultural ligado diretamente à sobrevivência (CAVALLI-SFORZA & FELDMAN 1981, HEWLETT &

CAVALLI-SFORZA 1986). Alguns autores, no entanto, propõem que a metodologia empregada nos trabalhos sobre transmissão subestima a importância do conhecimento aprendido fora do núcleo familiar (AUNGER 2000; SOLDATI et al. 2015), principalmente através de grandes conhecedores, como especialistas locais, parteiras, shamans e benzedores. Esse outro conhecimento é caracterizado como transmissão oblíqua ou horizontal, normalmente também guiada por vieses de seleção cultural, como aqueles baseados no sucesso que o modelo de cópia tem no domínio de conhecimento a ser copiado (MESOUDI 2011).

A presente tese tem como objetivos introduzir conceitos da Teoria de Evolução Cultural para entender importantes fenômenos já tratados na literatura etnobiológica, auxiliando na expansão da nova área da Etnobiologia Evolutiva, além de buscar compreender os processos microevolutivos que guiam os cuidados à saúde de uma população humana. Com base nas questões mencionadas, essa tese busca responder: 1. Se o sistema biomédico compete ou coopera com o sistema médico local e quais as forças que a incidência e a gravidade percebida das enfermidades exercem sobre a busca de tratamento em ambos sistemas; 2. Certificar a preponderância da transmissão vertical no conhecimento médico local e suas consequências evolutivas, buscando vieses de seleção cultural por trás de outras vias de transmissão desse tipo de conhecimento.

### *Estratégias de pesquisa*

Tomando sistemas médicos locais como ponto de investigação da cultura, podemos considerar como unidade de observação o conhecimento sobre os recursos medicinais utilizados. Tais recursos podem ser vistos como traços culturais, partes de uma cultura que podem ser analisadas como unidades discretas, o que auxilia em muitas análises evolutivas (ver O'BRIAN et al. 2010 para traços culturais). Como mencionamos, uma população local pode utilizar recursos de seu sistema médico local, como plantas medicinais, e também utilizar informações migrantes, como fármacos industriais vindos da biomedicina. Os conhecimentos de tais recursos podem ser analisados como traços culturais, afim de verificar suas proporções e variações destas proporções entre os habitantes de uma população, e as consequências evolutivas dessas variações.

Traços culturais podem se fixar ou se extinguir em intervalos menores do que uma geração, considerando que a evolução cultural ocorre em uma velocidade drasticamente maior do que a evolução biológica (FUTUYMA, 1998; BOYD & RICHERSON, 2005;

REYS-GARCÍA et al., 2013). Assim, uma análise diacrônica em um curto espaço de tempo pode ser suficiente para se observar os importantes processos microevolutivos que buscamos tratar nessa tese. Segundo Mesoudi (2011, p. 163), “Uma compreensão completa da evolução cultural requer estudos de campo observacionais que acompanham o comportamento das pessoas na vida real ao longo do tempo. Tais estudos podem potencialmente abordar questões-chave sobre a microevolução cultural”.

Sabemos que a variação ao longo do tempo dos traços culturais referentes às estratégias de tratamento (plantas medicinais ou biomedicina) e à priorização da memorização e transmissão de informações de enfermidades severas e incidentes pode indicar a direção do caminho evolutivo de um sistema médico. Além disso, acompanhar a transmissão de conhecimento ao longo de um curto intervalo nos permite inferir sobre a velocidade de resposta de um sistema médico a eventuais pressões seletivas. Dessa forma, a proposta metodológica dessa tese, é utilizar dados de um sistema médico local de uma população do nordeste brasileiro coletados em dois períodos separados por um intervalo de 8 anos para responder nossas questões de pesquisa. Além disso, os esforços de pesquisa para construir essa tese se direcionaram para uma ampla revisão sobre a Teoria da Evolução Cultural e sua aplicabilidade na Etnobiologia.

#### *Estrutura da tese*

A presente tese está dividida em 5 capítulos, em que o primeiro busca fazer uma rápida revisão de literatura sobre a Etnobiologia em uma perspectiva evolutiva, e o segundo segue como uma revisão mais ampla, em forma de artigo já publicado, buscando promover o diálogo entre a Etnobiologia Evolutiva e a Teoria da Evolução Cultural. O terceiro e quarto capítulo são estudos de caso que buscam responder nossas questões de pesquisa apresentadas, em uma análise diacrônica. Por fim, finalizamos com as principais conclusões da tese, mostrando também elucidar as principais limitações do nosso estudo.



## **CAPÍTULO I – Fundamentação teórica**

O conhecimento atrelado aos cuidados à saúde faz parte de sistemas complexos que envolvem, além do conhecimento, práticas e crenças em relação à saúde e à doença que agregam o uso de recursos naturais e a participação de atores sociais no diagnóstico, tratamento e avaliação de estratégias de cura (DUNN, 1976; KLEINMAN, 1978). Assim, como todos os sistemas, os sistemas médicos locais são entidades complexas de onde emergem funções e propriedades intrínsecas que precisam se manter e responder a eventuais perturbações, tendo uma capacidade de resiliência (FERREIRA JÚNIOR et al. 2011; SANTORO et al. 2015; NASCIMENTO et al. 2016). A resposta a tais perturbações depende do quanto o sistema pode se adaptar às pressões seletivas, que podem ser culturais ou ambientais.

Para entender melhor sobre adaptação em sistemas médicos locais, podemos recorrer a definição presente em sistemas biológicos: resultado de seleção natural (RAVEN et al. 2001). Em uma perspectiva ampla, adaptação é o aparecimento de uma estrutura ou comportamento de um organismo ou sistema que confere uma vantagem para a sua permanência em um determinado ambiente, ou seja, uma resposta vantajosa às imprevisíveis intempéries (RAVEN et al. 2001). Tais vantagens são chamadas de fitness, que se refere, em termos de biologia evolutiva, na probabilidade de um organismo em sobreviver e gerar descendentes (JEANNE, 1998), ou seja, não necessariamente um melhor fitness está relacionado a uma resposta perfeita a um ambiente, mas a uma variação que permite um maior sucesso dentro deste ambiente.

Ainda em uma perspectiva da biologia evolutiva, através da seleção natural, modificações genéticas aleatórias em um indivíduo podem resultar em variações fenotípicas mais vantajosas do que as pré-existentes na população para aquele ambiente, sendo, portanto, adaptativas. Essas variações fenotípicas podem refletir não só em mudanças anatômicas, mas também fisiológicas, psicológicas e comportamentais (TOOBY & COSMIDES 1990; BARKOW et al. 1992; MINEKA & ÖHMAN, 2002; CONFER et al. 2010; HATTORI e YAMAMOTO 2012). Assim, o ambiente em que os seres humanos viveram na sua história evolutiva favoreceu o estabelecimento de fenótipos essenciais para seu sucesso na Terra.

Entre as características que permitiram aos homínídeos certa vantagem adaptativa, a capacidade de acumular grande quantidade de informações na memória, o que é conhecido como memória acumulativa (TOMASELLO, 2003), é de suma importância.

Além disso, existem evidências de que, entre as informações que chegam ao cérebro humano, aquelas que oferecem alguma vantagem à sobrevivência, aumentando o fitness do indivíduo, são prioritariamente acumuladas, ou seja, a memória humana, por si só, é adaptativa (NAIRNE et al. 2008; NAIRNE & PANDEIRADA 2008; NAIRNE 2010). Essas características foram possivelmente selecionadas por seleção natural (NAIRNE 2010) e, juntamente com a imensa capacidade de aprendizado e transmissão das informações aprendidas, permitiram o desenvolvimento dos complexos sistemas culturais dos quais novas respostas vantajosas à sobrevivência podem surgir sem necessariamente passar pelo processo de seleção natural.

Assim, a característica já intrínseca aos seres humanos de acumular informações que foram transmitidas por seus contemporâneos e antepassados permite uma maior rapidez e eficiência na tomada de decisões frente às intempéries ambientais. Dessa forma, os seres humanos podem analisar as condições ambientais de acordo com sua experiência e conhecimento adquirido por transmissão e responder de forma adaptativa a determinados desafios do ambiente ecológico e cultural.

Em sistemas médicos locais, podemos analisar a adaptação do ponto de vista dos conhecimentos, crenças e práticas relacionados à manutenção da saúde, de forma a verificar se correspondem a respostas vantajosas dos sistemas para lidar com as doenças enquanto distúrbios (FERREIRA JUNIOR et al. 2011). Um exemplo que fornece evidências de características adaptativas de sistemas médicos locais são as investigações sobre os critérios de seleção de plantas para compor farmacopeias no mundo inteiro. Tem sido visto que grupos humanos distantes do mundo inteiro costumam selecionar espécies medicinais das mesmas famílias botânicas ou ainda de maior proximidade filogenética (BENNETT & HUSBY 2008; WECKERLE 2012; SASLIS-LAGOUDAKIS et al. 2012). Esse padrão de convergência demonstra que a seleção de plantas não é aleatória, mas as plantas selecionadas por distintas populações podem ter em comum compostos químicos mais vantajosos para o tratamento das doenças.

Outros exemplos de investigações de respostas adaptativas dos sistemas médicos locais são aqueles que usam o modelo de redundância utilitária (ALBUQUERQUE & OLIVEIRA 2007, NASCIMENTO et al. 2015). De acordo com o modelo, o número de espécies com a mesma função (redundantes) confere vantagens aos sistemas frente às demandas de tratamento. Assim, concentrar maior quantidade de espécies em enfermidades que são mais importantes para a uma população, como aquelas mais incidentes, que requerem maior segurança de tratamento, é uma característica que pode

ser adaptativa. Esse padrão foi visto em uma comunidade da Patagônia (LADIO & LOZADA, 2008), e em três comunidades do nordeste brasileiro (SANTORO et al., 2015, NASCIMENTO et al., 2016).

Seguindo a mesma linha, alguns estudos têm ressaltado a importância adaptativa da inclusão de espécies exóticas em farmacopeias locais, mostrando que tais espécies podem entrar nos sistemas médicos para preencher lacunas terapêuticas que as espécies nativas não atendem (ALBUQUERQUE 2006, ALENCAR et al. 2010). Assim, se as espécies exóticas diversificam os sistemas médicos, elas aumentam as possibilidades de cura dos distúrbios de doenças, contribuindo para a capacidade adaptativa desses sistemas e, conseqüentemente, para o fitness das pessoas que compõem estes sistemas (ver MEDEIROS, 2013).

O mesmo fenômeno pode ter uma interpretação distinta da hipótese da diversificação (ALENCAR et al. 2010), considerando o ingresso de espécies exóticas nos sistemas médicos como parte de um processo de perda do conhecimento tradicional de plantas nativas e substituição por um conhecimento novo, de fonte externa ao sistema médico. Nesse caso, mesmo que o conhecimento de espécies nativas seja substituído, e não somado pelo conhecimento de espécies exóticas, ainda pode haver vantagens adaptativas nesse processo de inserção de espécies novas (ver MEDEIROS, 2013). Por exemplo, as espécies exóticas podem substituir as conhecidas anteriormente por possuírem maior eficiência química, possibilitando a cura de forma mais rápida e eficaz, ou por estarem mais disponíveis, por serem mais fáceis de plantar, ou mesmo por serem mais palatáveis (MEDEIROS, 2013). Assim, uma substituição de um conhecimento médico por outro também pode sinalizar vantagens adaptativas do novo conhecimento sobre o conhecimento antigo.

Podemos observar sob a mesma perspectiva o fenômeno cada vez mais relatado na literatura sobre a intermedicalidade. A intermedicalidade (GREENE, 1998) se refere a união de diferentes sistemas médicos, num processo de sincretismo em que algumas vezes dois sistemas formam um só. Esse tema tem sido bastante discutido no âmbito da união de sistemas médicos locais com o sistema biomédico, também chamado de sistema médico ocidental ou sistema médico cosmopolita (DUNN 1976), representado por sistemas médicos mundialmente utilizados pela sociedade ocidental, baseado principalmente no diagnóstico por médicos formados em faculdades de medicina, atendimento em hospitais e clínicas e tratamentos baseados em fármacos industriais. Muitos estudos consideram o fenômeno da intermedicalidade acontecendo de maneira

harmoniosa, onde ainda se pode separar claramente os dois sistemas sendo usados concomitantemente por uma população (BELLIARD & RAMÍREZ-JOHNSON, 2005; GIOVANNINI & HEINRICH, 2009; ZANK & HANAZAKI 2017). Porém, alguns estudos consideram que a adoção da biomedicina é uma ameaça ao conhecimento médico local, podendo pôr em risco a autonomia e manutenção dos cuidados à saúde de uma população, em uma intermedicalidade não harmoniosa (NOLAN & ROBBINS, 1999; VANDEBROEK et al. 2004, 2012; CASE et al. 2005; RAGUPATHY et al. 2008; SRITHI et al. 2009).

Sobre essa questão, há de se manter claro que a adaptação ocorre sempre como uma resposta ao contexto ambiental e cultural em que o sistema está. Este contexto pode mudar e, como já foi mencionado, o ser humano pode traçar estratégias que se ajustem rapidamente a um novo contexto. No exemplo da substituição do conhecimento médico local pelo biomédico, esse fator pode ser adaptativo em um contexto cultural e ambiental em que o sistema biomédico atende de maneira mais efetiva o tratamento de algumas doenças contemporâneas. Por exemplo, algumas doenças podem surgir do contexto cultural ocidental, proveniente da superpopulação de cidades ou fruto de outras práticas ocidentais, e atingir populações locais, cujo sistema médico não consegue responder rapidamente de maneira efetiva. A adoção da biomedicina nesses casos diversifica o sistema médico. É possível que após esse acontecimento, ao longo do tempo, o uso de fármacos da biomedicina seja mais frequente que o uso de plantas, já que as enfermidades recorrentes não possuem tratamento conhecido com recursos naturais. Como consequência, algumas práticas tradicionais de cuidados a saúde podem ser substituídas, levando ao que pode ser interpretado como “perda de conhecimento original”. No entanto, essa perda pode ser vantajosa, afinal um novo conhecimento mais adaptado ao contexto ambiental atual será priorizado na memória. Em outro momento, portanto, quando essa substituição diminui o fitness dos indivíduos, seja porque o acesso aos recursos biomédicos é mais difícil e a população aprendeu novos usos para as espécies nativas, ou porque os efeitos colaterais da biomedicina sobrepõem seus efeitos curativos, a população pode novamente se adaptar a um novo contexto de reutilização dos recursos naturais locais (MEDEIROS 2013), porque os processos evolutivos são dinâmicos.

Sabemos, no entanto, que nem sempre uma população se adapta às pressões seletivas. Existem alguns contextos em que informações deletérias para a saúde humana podem ser difundidas em um sistema médico local. Um exemplo é o que chamamos de atraso adaptativo ou “adaptive lag” (BOLHUIS et al., 2011), comportamentos médicos

que não são adaptativos (mal adaptativos) permanecem sendo difundidos porque uma vez no passado, em outro contexto ambiental, eram adaptativos. Esse fenômeno se refere principalmente a comportamentos humanos que foram selecionados por seleção natural em um ambiente remoto (BROWN e RICHERSON, 2013), ou seja, comportamentos que estão ligados aos genes e que existem porque em um contexto ambiental antigo as pessoas com esse comportamento sobreviviam e se reproduziam em uma taxa muito maior, mas que hoje não contribuem para o fitness e permanecem porque o conhecimento cultural não foi capaz de eliminá-los. Ainda são poucos os estudos sobre o atraso adaptativo de conhecimentos médicos que evoluem por vias culturais e sociais, mas é possível que alguns conhecimentos atuais não estejam bem ajustados ao ambiente, principalmente se considerarmos as rápidas mudanças climáticas e ambientais que tem ocorrido (NASCIMENTO et al. 2018).

Assim, respostas que não são vantajosas, maladaptativas, e que inclusive podem diminuir o fitness dos indivíduos podem se disseminar em um sistema médico local. Já foi sugerido, por modelos matemáticos, que as plantas medicinais menos eficazes têm maior probabilidade de serem difundidas em uma cultura, isso porque como essas plantas não conseguem curar a enfermidade rapidamente, a pessoa enferma tende a ficar mais tempo se tratando com essa planta, o que estende o tempo em que observadores vão aprender que esse recurso é utilizado para esse tratamento (TANAKA et al. 2009). Nessa linha de pensamento, se a planta é muito eficaz, a cura será muito rápida e as pessoas não terão tempo de observar esse tratamento e aprender sobre essa planta. De acordo com esse modelo, as pessoas aprendem por observação durante o momento de tratamento, no entanto existem muitos casos em que as pessoas aprendem e transmitem o conhecimento de plantas medicinais em muitos outros momentos.

Outras vias podem disseminar conhecimentos médicos que podem ser considerados mal adaptativos, e linhas de pesquisas que busquem identificar os conhecimentos e práticas médicas adaptados e não adaptados são imprescindíveis para entendermos como os seres humanos conseguem perceber e responder às questões ambientais, sociais e culturais que influenciam os sistemas médicos locais. Nesse sentido, a Teoria da Evolução Cultural pode auxiliar no entendimento de como os sistemas médicos locais mantêm ou modificam suas estruturas e funções ao longo do tempo, respondendo de forma adaptativa ou não às demandas ambientais, sociais e culturais. No tópico a seguir sugerimos a aplicação da Teoria da Evolução Cultural para entender muitas destas questões aqui levantadas, ampliando sua aplicação não só a sistemas

médicos, mas a diversos outros sistemas socioecológicos, pontuando sua considerável contribuição para estudos etnobiológicos, especialmente da ainda recente área da Etnobiologia Evolutiva.

## CAPÍTULO 2 - Evolutionary Ethnobiology and Cultural Evolution: Opportunities for research and dialogue

Artigo publicado online em 9 de janeiro de 2018, na revista Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, ISSN: 1746-4269. doi: 10.1186/s13002-017-0199-y.



### EVOLUTIONARY ETHNOBIOLOGY AND CULTURAL EVOLUTION: OPPORTUNITIES FOR RESEARCH AND DIALOGUE

Flávia Rosa Santoro<sup>1,2</sup>, André Luiz Borba Nascimento<sup>1</sup>, Gustavo Taboada Soldati<sup>3</sup>,  
Washington Soares Ferreira Júnior<sup>4</sup>, Ulysses Paulino Albuquerque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Ecology and Evolution of Social-ecological Systems, Departamento de Botanica, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brazil.

<sup>2</sup>Postgraduate Program in Ethnobiology and Conservation, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brazil.

<sup>3</sup>Departamento de Botanica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, s/n, São Pedro, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil.

<sup>4</sup>Universidade de Pernambuco, Campus Petrolina, BR 203 km 2 S/N, Vila Eduardo, Petrolina, Pernambuco, Brazil.

\*Corresponding author

List of authors email addresses:

Flávia Rosa Santoro - [flaviarsantoro@gmail.com](mailto:flaviarsantoro@gmail.com);

André Luiz Borba Nascimento - [andreborba.03@gmail.com](mailto:andreborba.03@gmail.com);

Gustavo Taboada Soldati - [gtsoldati@gmail.com](mailto:gtsoldati@gmail.com);

Washington Soares Ferreira Júnior - [kba.bio@hotmail.com](mailto:kba.bio@hotmail.com);

Ulysses Paulino de Albuquerque - [upa677@hotmail.com](mailto:upa677@hotmail.com)

#### Abstract

The interest in theoretical frameworks that improve our understanding of social-ecological systems is growing within the field of ethnobiology. Several evolutionary

questions may underlie the relationships between people and the natural resources that are investigated in this field. A new branch of research, known as evolutionary ethnobiology (EE), focuses on these questions and has recently been formally conceptualized. The field of cultural evolution (CE) has significantly contributed to the development of this new field, and it has introduced the Darwinian concepts of variation, competition and heredity to studies that focus on the dynamics of local knowledge. In this article, we introduce CE as an important theoretical framework for evolutionary ethnobiological research. We present the basic concepts and assumptions of CE, along with the adjustments that are necessary for its application in EE. We discuss different ethnobiological studies in the context of this new framework and the new opportunities for research that exist in this area. We also propose a dialogue that includes our findings in the context of cultural evolution.

**Keywords:** cultural transmission; human behavior; social learning; social-ecological systems; traditional ecological knowledge.

## **Introduction**

Evolutionary ethnobiology (EE) examines the relationship between people and biological resources by investigating cognitive and behavioral characteristics within ecological and evolutionary frameworks (see [1, 2]). Specifically, EE involves studies of social-ecological systems, which briefly, can be understood as the dynamic interactions between culture and the environment (see [3] for more about social-ecological systems). These interactions result in a body of knowledge, actions and beliefs within human populations that can be socially transmitted and subjected to selective pressures over time; this process is called traditional ecological knowledge [4].

Although some researchers have focused on evolutionary, structural and functional studies of social-ecological systems in ethnobiology [5, 6, 7], the field of evolutionary ethnobiology has only recently been formally conceptualized [8], and it addresses specific objects of interest [1]. Albuquerque et al. [1] argue that several disciplines that focus on the evolutionary aspects of human behavior may support theoretical developments and guide advancements in this field; these approaches include environmental psychology, evolutionary ecology, ecological anthropology, human behavioral ecology, evolutionary psychology and cultural evolution. The field of cultural evolution (CE) regards culture as a fundamental cause of non-genetic behavioral



variations among people and suggests that these variations can be viewed from a perspective that is similar to that of biological evolution (see [9]).

The evolutionary perspective is essential to the growth of ethnobiology as a science. According to Albuquerque et al. [1], ethnobiology still focuses on lists of useful natural resources, which is of great importance because it records knowledge that may be lost by local populations; additionally, this knowledge can be useful in the search for new remedies and other useful products, but this approach fails to identify patterns in the use of such resources and may be insufficient for developing the theoretical foundation of ethnobiology. Considering the forces that helped shape the complex relationship between humanity and natural resources will help us move forward in building theories in ethnobiology.

This article introduces cultural evolution (CE) to investigators who are interested in EE. Furthermore, it specifies possible research opportunities and presents potential topics for dialogue that include EE and CE. The text is organized to describe the most basic concepts of cultural evolution and to contextualize them by considering the interests of EE whenever possible.

## **1. Cultural evolution (CE): basic assumptions**

We know that there are several different theories of “cultural evolution” and that this term can be understood in the context of controversial concepts, from progressive theories in the social sciences to new biological theories, such as memetics (see [10] for memetics). Therefore, we have to specify that when we refer to “cultural evolution” (CE) here, we are referring to a discipline that initially started with studies that used mathematical models to explain human behavior, by authors such as Cavalli-Sforza and Feldman [11] and Boyd and Richerson [12]; most recently, the study of cultural evolution has been widely discussed by authors such as Alex Mesoudi (see [9]). Therefore, here, cultural evolution is not only one process; rather, it is a discipline that addresses various complex cultural evolutionary processes.

CE assumes that, in addition to genetic information (genes), humans are entities who can store, handle and express another form of information, i.e., culture [9]. In this sense, culture may be understood as information that is acquired through social transmission, such as teaching and imitation (rather than by genetic transmission) [9, 11,

12, 13, 14]. Thus, in CE, information is employed as a broad term that incorporates ideas, knowledge, beliefs, values, skills, and attitudes [15].

From the cultural evolution perspective, culture can be viewed as a form of human adaptation [13, 14, 16, 17]. Human behavior is, therefore, the result of the expression of both genetic and cultural information. Although behavior results from the expression of information, not all information will necessarily determine a behavior because the information may not be expressed.

Although CE considers the co-evolutionary relationships between genetic and cultural information systems, it focuses on the dynamics of cultural traits. Cultural traits are the units of transmission of cultural information that can manifest in behaviors and other forms of communication, such as language [18]. A cultural trait can be measured when we observe a transmission event. For example, the words of an idiom are cultural traits that can be measured when two people use the local vocabulary. The ability to learn cultural traits is a primary factor that is responsible for the evolution of behavior [19].

The main assumption of CE is that the structural dynamics of cultural systems can be described using the basic Darwinian assumptions of *variation*, *selection* and *heredity* [9,20]. For cultural evolution to occur, it is necessary for cultural traits to vary, either at the individual level (i.e., one person holds two or more competing traits) or at the group level (i.e., different traits between and within human groups). Genetic variations within populations are essential to evolutionary processes, especially in response to environmental disturbances. The same occurs in cultural evolution. However, the sources of cultural trait variations within a given population are not always random; this is unlike the genetic mutations that proceed according to neo-Darwinian evolution, which can produce new phenotypes. In cultural evolution, individuals can voluntarily modify the information that they receive [9, 21].

This variability leads to the preservation of certain cultural traits over others due to *competition* for expression and attention because some traits are more likely to spread within a cultural or environmental context than others. This type of competition is not a form of direct competition, such as that between animals that are actively competing for food; rather, it is an indirect form of competition, with several traits that have greater probabilities of being learned than others (i.e., *differential fitness*) (see [22, 23]). This competition is stronger and more evident between similar types of information [9]. For example, in experiments of read and recalled words, people had more difficulty

remembering different words that have the same meaning than those with different meanings [24]. This may occur because coexistence within the same cultural domain (see [25, 26] to cultural domain) is highly competitive. In ethnobiological studies, we can treat natural resources used for the same purpose (such as those used for firewood, or those used for the same disease or similar diseases) as those belonging to the same cultural domain.

Finally, for traits to become fixed within a population, they must be *heritable* (i.e., transmittable to other individuals). Like most genetic traits (excluding several bacterial traits), cultural heredity can be vertically transmitted from parent to child. Transmission can also occur through non-parental transmission pathways (i.e., between individuals of the same generation) [9, 21, 27, 28]. Together with the possible occurrence of several transmission events in a single individual (see [29]) or in a single cultural domain, these different transmission pathways allow for drastic cultural changes to occur within one generation [9, 13, 30]. The time it takes for a specific piece of information to become fixed within a population depends more on the cultural transmission pathway between each person than on the inter-generational time intervals. In this way, the cultural trait system is more flexible and dynamic than the biological system of genetic information. Although these characteristics promote the quick spread of adaptive responses to rapidly changing environments, they can also make the system more susceptible to the spread of maladaptive traits (see [31]), which are addressed below.

A key component of cultural evolution is the transmission of cultural traits through the expression of information (i.e., the transmission of a behavior in a manner that is analogous to a phenotype) [9], which makes cultural transmission much more complex than genetic transmission, where the genotype is transmitted. Because people can modify what they learn (phenotype) from others before they pass that information on, inheritance in cultural evolution can be described as *Lamarckian* [9]. Therefore, although they are very similar, there are differences between human genetic evolution (particularly from the widely studied neo-Darwinian perspective) and cultural evolution (Table 1).

**Table 1:** General characteristics of genetic and cultural evolution (adapted from [9, 21]).

<b>Evolution Type/ Characteristics</b>	<b>Human Genetic Evolution (Neo-Darwinian)</b>	<b>Human Cultural Evolution (Darwinian)</b>
Evolutionary time	Usually thousands of years	Short time intervals, may occur within a few years
Variation	Random, but some regions of DNA are more susceptible to mutation than others	Can be random or voluntarily guided by learning rules
Competition	Differential fitness of different alleles	Differential fitness of different cultural traits
Heredity	- Parental - Information storage structure (genotype) is transmitted	- Parental or non-parental - Information expression (equivalent to a phenotype) is transmitted

The principles of variation, competition and heredity are primarily and widely studied in analyses that aim to understand the microevolution of culture. Cultural microevolution attempts to understand the factors and processes that promote changes in the frequency of cultural traits within a human population [9]. This approach mainly uses mathematical models [11, 12, 21, 32], laboratory-based studies (i.e., psychological experiments) [33, 34] and field studies (similar to studies in ethnobiology) [35, 36] to predict the behaviors of different cultural traits and their selection over time.

These population-level microevolutionary patterns can be used to reconstruct the large-scale, long-term patterns and trends of cultural evolution from a macroevolutionary perspective. The macroevolutionary approach of CE resorts to comparative methods or phylogenetic methods [9] to understand the convergent and divergent evolution of traits in different populations worldwide, as well as the temporal origins of several important cultural traits of modern societies. A study by Salis-Lagoudakis et al. [37] is one example that uses this approach. This study shows that unrelated and geographically distant human populations (on different continents) select phylogenetically similar medicinal plant species for similar therapeutic ends. These results indicate convergent evolution, as these populations do not appear to descend from a common ancestral society.

Important ecological and evolutionary questions may underlie the relationships between people and their natural resources, which are investigated in ethnobiology. However, with few exceptions (see [6, 30, 38]), ethnobiological studies do not typically consider the evolutionary perspective. Nevertheless, several patterns that are observed in ethnobiology can be understood and studied from a CE perspective, particularly those that are associated with microevolutionary processes. These processes are the focus of this article because they allow us to draw several parallels with EE studies and to present new perspectives. The key concepts of CE and how they can be applied to EE are shown in Table 2.

**Table 2:** Key concepts of CE and their application to EE (adapted from [1, 9, 15]).

<b>CE Characteristics</b>	<b>Definitions</b>	<b>Application to EE</b>
Culture	Socially transmitted information that can affect individual behaviors.	The focus is not on culture as a whole but on the information that is associated with social-ecological systems and is expressed in the relationships between people and biota [8].
Cultural traits	Cultural information that can be discretely or continuously transmitted.	EE can investigate and quantify cultural traits to generate hypotheses. An example of quantifiable cultural traits is therapeutic targets and the medicinal plants used to treat them (see [7]).
Variation	Heterogeneity of cultural traits within the group and between individuals.	EE can study the real and potential heterogeneity of cultural traits within a cultural domain (i.e., the redundancy (variety) of medicinal plants to treat a disease) [39].
Innovation	Introduction of a new cultural trait that results from different processes, such as	Innovation increases the heterogeneity of social-ecological systems, which is the basis for cultural evolution. For

	the individual production of knowledge, guided variation, migration or erroneous social transmission.	example, exotic species may be introduced into the social-ecological system by immigrants [40].
Individual production of knowledge	A type of innovation; a process by which an individual builds new information (innovations), particularly through experimentation; this new information may or may not be transmitted or become fixed within the culture.	EE can investigate if a cultural variation originates from the individual production of knowledge or another source of innovation. For example, local medical specialists can create new remedies by aggregating cultural traits within a local medical system (i.e., the cultural domain) [6].
Differential fitness	Characteristics that increase the appeal of learning a given cultural trait.	Some traits are more appealing or transmittable than others. Additionally, traits that confer adaptive advantages in social-ecological systems can be prioritized to be copied. For example, in a local medical system, information on the treatment of frequent diseases is more memorable than information on others [41].
Lamarckian inheritance	Modifications to the expression of a cultural trait (equivalent to a phenotype) are transmitted during social transmission.	This characteristic allows for variations that are generated through guided variation in social-ecological systems to be transmitted to other individuals.

## 2. Microevolutionary processes in ethnobiology

Mesoudi [9] subdivides the microevolutionary processes (Table 3) as follows: those that are related to variation and to the migration of a cultural trait; those that are related to cultural selection, which determines the probability that a trait will remain

and be transmitted over other traits; cultural drift, such as the fixation of cultural traits through random processes; and those that are related to cultural transmission.

These microevolutionary mechanisms are only made possible by the human ability to learn and accumulate information. Social learning (through knowledge transmission) decreases the amount of expended energy during the acquisition of new adaptive information and allows the diffusion of innovations [42]. However, an innovation caused by the individual production of knowledge can be more advantageous than a transmission in an environment with low stability because adaptive information at time X can cease to be adaptive at time Y [16, 19]. In social-ecological systems, the balance between cultural trait transmission and innovation, which is associated with environmental variations, determines the systems' evolution through the selection and accumulation of adaptive cultural traits over time [19].

Questions that address microevolutionary processes that promote increases in information diffusion and variation can be thoroughly investigated in ethnobiology. These questions include the following: Why does the use of different natural resources utilized for the same purpose (redundancy) persist over time? Is local knowledge being lost over time? If so, is this decrease in local knowledge associated with a greater diffusion of other knowledge systems? In a given population, can socioeconomic factors promote the diffusion and/or inhibition of cultural traits that involve the use of natural resources? Few studies have used CE as a theoretical framework to understand these questions. The use of CE may allow significant advances in ethnobiology because such phenomena can be explained by the different processes that guide cultural changes.

**Table 3:** Microevolutionary processes in cultural evolution (adapted from [9]).

<b>Processes</b>	<b>Description</b>
<b>Variation</b>	
Cultural mutation	Randomly generated innovations, similar to genetic mutations
Guided variation	Individuals modify acquired information according to individual cognitive biases (Lamarckian)
<b>Migration</b>	
Diffusion (demic)	Cultural traits spread as their bearers move between different groups

Cultural diffusion	Cultural traits spread across group boundaries due to cultural transmission
<b>Cultural selection</b>	
Content bias	Preferentially adopting traits based on their intrinsic attractiveness (i.e., those that present strong emotional reactions)
Model-based bias	Preferentially adopting traits based on the characteristics of the model (person) (i.e., his/her prestige, age or similarity)
Conformity bias	Preferentially adopting a trait based on its frequency (i.e., its popularity)
<b>Cultural drift</b>	
Random changes in cultural trait frequencies	
<b>Transmission</b>	
<u>Pathway</u>	
• Vertical	Transmission from the biological parents (uniparental or biparental)
• Oblique	Transmission from unrelated members of the parental generation
• Horizontal generation	Transmission from unrelated members of the same generation
<u>Scope</u>	
• One-to-one	Face-to-face learning from one individual to another
• One-to-many	One individual influences many individuals through mass education or mass media
• Many-to-one *	One individual is chosen to be taught by many experienced individuals
<u>Mechanism</u>	
• Blending than	Adoption of the “average” of a continuous trait from more than one model
• Particulate	All-or-nothing transmission of discrete cultural traits



\* Mesoudi [9] does not consider this transmission scope. Other researchers, such as Hewlett and Cavalli-Sforza [27], acknowledge the importance of the many-to-one scope.

### 2.1. *The importance of variation in microevolutionary processes*

Utilitarian redundancy is a concept that emerged in ethnobiology that is used to characterize the organization and dynamics of local ecological knowledge [7, 39, 41, 43, 44, 45, 46]. According to the utilitarian redundancy model, different biological resources may have the same utilitarian functions in a given social-ecological system. The redundancy of resources with the same function decreases the use pressure on the used species and increases the resilience of the social-ecological system (see [45]). For example, in local medical systems, some diseases may be treated by more than one resource, so these resources are redundant in terms of their therapeutic roles. Therefore, in the absence of one resource, another resource can be used in its place, which ensures the resiliency of the medical system and the maintenance of local health [39, 45]. This redundancy indicates a *variation* in traits within the same cultural domain, which is extremely important to the evolution of systems. We can draw a parallel to standing genetic variation, which shows that a species that maintains genetic variation at the same allele adapts faster [47, 48]. Therefore, standing variation has an important role in facilitating a swift adaptation to novel environments or rapid changes [48].

As previously mentioned, redundancies or trait variations in different cultural domains can voluntarily occur in cultural systems by guided variation. Guided variation, which Mesoudi [9] refers to as a Lamarckian microevolutionary process, occurs when information is intentionally modified by an individual to achieve a given objective. For example, someone learns about a palm tree species that is used to make a specific object, but then an environmental variation makes that species of palm tree unavailable at a particular time. This unavailability may cause the individual to use the original received information (i.e., the shape of the palm leaves) to experiment with using a similar species. In this way, the initial information a plant X can be used to make the object can be intentionally modified, which results in the addition of a new plant. Together with the original information, this new information may be transmitted and become part of a set of plants that is used by the community. This process of guided variation, when repeated several times, can increase the repertoire of useful plants for a

given cultural domain. Therefore, as noted by Boyd and Richerson [21], guided variation does not depend on a previous variation in the population. Unlike the selection-like content and context biases, guided variation is related to an individual's transformative trait and is unrelated to the cultural variants of other individuals.

However, the creation and recreation of a new trait can randomly occur through transmission errors or randomly generated innovations through a process known as cultural mutation [9]. These errors randomly occur, and the resulting damage or advantage of the modification is not perceived. When a given trait is transmitted multiple times, the probability that an error will occur increases; a higher frequency of knowledge transmission can generate noise in a similar manner to what occurs in the game of "Chinese Whispers". This form of cultural mutation can also explain the results of ethnobiological studies of local medical systems that show a higher redundancy in medicinal plants that treat the most frequent diseases compared to those that treat infrequent diseases [7, 41]. These differences in treatment redundancy may occur because the higher frequency of the disease leads to a higher number of knowledge-transmission events regarding its treatment, which generates noise and becomes aggregated in the local pharmacopeia. In other words, the more times people have to transmit certain information, such as the treatment of a disease that occurs frequently, the more susceptible this information will be to random changes due to the same logic as that in the game of "Chinese Whispers". However, the permanence of these errors is typically lower if they decrease the fitness of the population. If an error caused by cultural mutation decrease the fitness of the population, as in a case that leads to death, the local people will detect that the treatment information may not be useful and should be abandoned, even if the information is never perceived as the result of transmission errors. Thus, depending on the effect on the population's fitness, this "erroneous" information can be eliminated, even if it is never perceived as the result of transmission errors. Relative to non-serious diseases, serious diseases often have fewer distinct medicinal plants that can be used for their treatments [7, 41], which may be due to the rapid elimination of variations in random treatment information when the threat to life is higher. For non-serious diseases, the errors may remain unidentified as errors because they have little impact on the population's fitness. However, these explanations are mere assumptions because these ethnobiological studies do not focus on explaining the observed patterns within the cultural evolution framework. It is possible that these results simply show that fewer remedies are effective against serious diseases or that

the frequency of the disease enables more experimental attempts with new medicinal plants, which increases the plant repertoire for frequent diseases. This observation highlights an adaptive characteristic in the local medical system. Thus, we must emphasize the importance of pursuing a more thorough analysis of these observations.

Migration is another source of cultural trait variations because it increases the trait variability within a culture by introducing new information [9, 13]. In CE, migration refers to both the migration of an individual who carries information from one place to another (i.e., demic diffusion) and the migration of the information itself (i.e., cultural diffusion) through other transmission pathways, such as books, radio, television and the internet [9] (Table 3). Ethnobiological research contains numerous examples of cultural demic diffusion. These examples show that people carry with them the knowledge of their place of origin after migration and can exchange this information with people at the new site, adopt novel knowledge and create variation [40, 49, 50, 51]. However, cultural differences can block the exchange of information, thereby preventing the increase in cultural variation [52, 53].

One example of a migration-associated variation is the introduction of an exotic species into a local pharmacopeia. By demic diffusion, a person migrates and carries a plant with him; by cultural diffusion, the person sees information about the plant on television or in a magazine and acquires it at a local market. Albuquerque [54] suggests that this introduction may involve the need to fill the treatment gaps that are left open by the native species. Therefore, a possible interpretation in CE is that migration creates variation, which fills the local cultural domains that were previously left open, or introduces variants that increase the local population's fitness, which favors the fixation and spread of these new traits over time.

Another example of cultural migration that is widely studied in ethnobiology is the introduction of western medical systems, (i.e., healthcare centers where industrial drugs are available) into a local medical system that is based on medicinal plants and has different definitions of illnesses. Several studies have suggested that the presence of western medicine (information that migrates into the community) has a negative impact on preexisting medicinal information [55, 56]. However, these studies do not regard the evolutionary perspective, which might contribute to the interpretation of data. For example, if these drugs present an advantage to the population (i.e., by increasing its cultural or biological fitness), and if they are compatible with the preexisting system, they can coexist with the local medical system (see medical pluralism in [57, 58]). Other

ethnobiological studies have introduced various new issues related to migration, though they have not originally approached the evolutionary issue (Table 4).

**Table 4:** Selected factors that affect knowledge distribution and/or transmission in social-ecological systems, and the possible contributions of cultural evolution (CE) to their study.

Processes and factors that affect natural resource knowledge and use	Central questions in ethnobiology	Examples of studies with this focus	Contributions of CE to the understanding of these questions	Questions for future studies
Population migration	How does the knowledge repertoire of migrant populations vary in newly occupied environments?	[40, 52, 92, 93]	Human migration promotes the migration of cultural traits and increases the variation in information; it can also homogenize a population by eliminating different equilibria.	Which transmission biases affect migrant populations when they move to a new environment? How does the transmission between native and migrant populations occur? Is the rate of guided variation higher in a migrant population?
Gender	Does traditional ecological knowledge vary between genders?	[72, 75, 77]	Model biases may lead individuals to copy only people of the same or opposite gender.	Are there cultural traits that are preferentially copied from women? From men? “Does knowledge homogeneity vary between genders?”
Age	Do older people possess more local ecological knowledge? Does this phenomenon result in a loss of	[71, 72]	Model biases may lead individuals to copy older people because their age and life experience provide a stronger knowledge framework. However, this greater knowledge does not necessarily indicate an information	Are there cultural traits that are preferentially copied from older people? Does the knowledge differ between younger and older people? Do the cultural traits that are

	information in the population over time?		base that confers the highest fitness. Younger people may possess less information, but this phenomenon may represent gradual changes in the information repertoire rather than less knowledge.	exhibited by older people have a lower adaptive fitness in the current environment?
Ethnicity	Do different ethnic groups develop different ways of relating with the available resources?	[92, 93]	Several cultural selection biases, such as model biases, lead to a heterogeneity of information among different ethnic groups that share the same environment, while other cultural biases that relate to environmental responses, such as content biases, lead to a homogenization of cultural traits among different ethnic groups that share the same environment.	Are the differences among different ethnic groups that share the same environment higher for cultural traits that are associated with model biases compared to traits associated with content biases?
Income	Does higher income result in a higher or lower dependency on natural resources, thus reflecting differences in knowledge?	[94, 95]	Context biases lead people to choose information that is more adaptive to their living conditions. Differences in income result in different cultural trait selection biases, which result in population heterogeneity.	Are people with high incomes in a human population models for copying adaptive information? Are the cultural traits that are associated with people with lower incomes copied less often?
Educational level	Can access to higher education affect local ecological knowledge?	[73, 96]	Higher education reflects access to new cultural traits, which can compete with the cultural traits of local ecological knowledge and may be selected due to model or content biases.	Can the promotion of formal education in human populations lead to a reduction in cultural traits that are associated with natural resource use?

Urbanization	Can access to the knowledge and services that originate from urbanization promote a decrease in knowledge regarding natural resources?	[30, 97]	Urbanization introduces variations in cultural traits through migration. Many of these new traits compete with preexisting cultural traits.	Does the information that originates from urbanization occupy the same cultural domain as preexisting traits? How do these distinct cultural traits (which result from urbanization and social-ecological systems) interact over time?
Human perception	How does human perception of the environment affect the resources that will be known or used?	[98,99]	Different people may have different cultural selection biases and different transmission pathways that depend on their individual or social perception. Therefore, perception affects the mechanisms that are used by people to recognize the more adaptive information.	How does the perception of a given resource or cultural trait affect the copying of information? Are the natural resources that are similarly perceived by different human populations used for the same purposes?
Knowledge transmission	How does the process of knowledge transmission occur? How do different transmission pathways generate changes in knowledge?	[5, 6, 69, 70]	Different transmission pathways result in different speeds of information transmission within a system.	How does knowledge transmission occur in different environments? Which cultural traits tend to be conserved? If these pathways remain predominant in the system, how does knowledge within the system occur over time?

## *2.2. Cultural selection and cultural drift: competition and chance among cultural traits*

In addition to information variation, processes that favor the most beneficial traits within a range of diverse traits are necessary for culture to be adaptive (see [17, 21]). Mathematical models indicate that the transmission of cultural traits must be selective. Otherwise, the added evolutionary benefit of a cultural system compared to an individual learning system would not be guaranteed [16]. In the aforementioned example of resource redundancy, some resources within a range of redundant but useful resources may be preferred over others [7, 39, 43, 45, 59]. From a CE perspective, this preference reflects the competition for expression; a preferred cultural trait is simply a more attractive trait in a given social-ecological system. When an individual indicates his preference for one useful species over another, it is because the information regarding this species is more competitively expressed than the information regarding the other species with the same function (redundant). The competition for expression will result in cultural selection, which results from biases in the memorization and copying of specific cultural traits.

Several types of biases have been described [9, 21, 42], and we can categorize them as content and context biases. Content biases consider the intrinsic attractiveness of a trait, which is usually predetermined by biological or prior cultural evolution [9, 13]. Context biases indicate that the copying of specific cultural traits depends on the learning environment, the learner's condition/life experiences (i.e., the frequency of the trait in a population), or the success of the individual (model) who possesses the trait (i.e., success bias) [9, 42].

The ways in which content biases influence the dynamics of cultural traits in a population can be characterized by the intrinsic preferences of different groups when copying information, such as the preference for transmitting social information versus non-social information [60], the preference for transmitting information that evokes feelings of disgust [61], or the adaptive memory that forms when information is memorized [62, 63]. Adaptive memory is a form of memory that has evolved to help individuals remember useful and relevant information during decision-making processes, where information that is more advantageous in terms of adaptation is more easily memorized and recalled. The concept of adaptive memory is extremely relevant to EE research [2], and it describes why some traits become fixed in a population rather than others. However, differential fitness can vary between individuals or human



groups, and a trait that appears more advantageous for one person or group is not necessarily adaptive in the cultural context for another person or group.

To explain content biases (i.e., the attractiveness of a cultural trait), Mesoudi [9] draws attention to what Rogers [64] calls “attributes of innovations and their rate of adoption”. According to Rogers [64], an innovation will be adopted if it is advantageous over other information, if it is compatible with the preexisting system, and if it is testable and observable to others. In ethnobiological studies, we can observe several characteristics of attractive cultural traits that focus on the drivers of preferences for information regarding useful plants. For example, an investigation of medicinal plant preferences by Ferreira Júnior et al. [43] shows that the preferred plant is the more effective one, which has an advantage over the less effective alternative. Santoro et al. [7] have supplemented these data with their observations that, in the absence of the preferred medicinal species, the second- and third-ranked preferences are other medicinal plants, even when other remedy types for treatments exist, such as industrial drugs; this shows that biomedical information can be incompatible with medical systems and is less preferred. In a study of plants used for fuel, Ramos et al. [65] found that people may share more information regarding the plants with higher heating values (i.e., a higher number of transference events) than the plants with lower heating values (i.e., with low efficiencies of heat production).

These studies do not address preferences in the context of cultural evolution, and we can only assume that the preference characteristics indicate content biases. An important question that arises from these results is whether people are aware of their preference choices. For example, in a study of plants used for food, Henrich & Henrich [66] observe that pregnant women avoid dangerous fish, which can cause miscarriages, without explicitly understanding this link. They simply copy the information from other people (i.e., models, who are usually family members or experts) without understanding the reason for specifically avoiding the food. In this case, the copying behavior is not guided by content bias; it is guided by context. The reproductive state of the pregnant woman can be the context that biases the copying of information [42], but it is evident in this study that the context bias is model-based and dependent on the people who possess the information.

Some studies have shown that information transmission depends on models with high expertise [36, 67]. The selection of the model to be copied usually occurs before the content of the information and its advantages and disadvantages are known [9]. In

these cases, copying information from people with expertise in a particular field can be adaptive because expertise indicates that the person is a specialist or possesses great knowledge on the subject. For example, in a society that is sustained by hunting, the best way to learn about hunting is by copying the actions of the hunters with the most knowledge because they can direct the best strategies to guarantee successful hunting. However, the information source is often unrelated to the information that is copied. People may perceive a person's success in a specific field and begin copying cultural traits from this person that are associated with other fields through an associative process [36]. For example, people who accumulate high expertise in a community by being good fishermen may be copied in other domains of knowledge, such as crop cultivation (see [36]).

Model-based context is not always guided by expertise; it can be age-based (preference for copying people of a specific age), gender-based (preference for copying women or men), kin-based (preference for copying family members), and so on (see [42]). In the context of medicinal plant information, ethnobiological studies have shown that people mostly acquire knowledge at home with their parents [5, 6, 68, 69, 70], which may indicate the importance of the kin-based model bias in local medical systems. Additionally, the ethnobiological literature is replete with examples that show differences in the local ecological knowledge between people of different ages (where older people have more knowledge than younger people) [71, 72], education level (where a high education level is associated with less ecological knowledge) [73] and gender (where women have more knowledge on specific cultural contexts while men have it on others) [73, 74, 75, 76, 77, 78]. These parameters can also be used to verify a group's tendency to use models from a particular gender, age or educational level for copying information. Table 4 presents several possible questions that arise from these studies. For example, Pfeiffer and Butz [79] suggest that when knowledge differences exist between genders, the knowledge variations can be strongly influenced by transmission of the knowledge between the genders and by gender-based differences in the social network, which can be explained by the model-based bias of gender dependence.

When there is no clear incentive toward or advantage to copy one trait or one good model over another, people tend to copy information that is shared by the majority of people in a population [13, 80, 81, 82]. This tendency is called frequency-dependent or conformity bias [9, 13] and assumes that if a person does not know how to behave, it is more advantageous to behave in a similar manner as the majority. For example, an

individual may prefer to copy a more common house structure when building a house in a rural community because he does not know the most effective of all the available possibilities. Here, he can see that a relatively large number of successfully built houses in this rural community indicates that the probability that this particular house structure will fall is low. Conformity bias can be observed when the copy frequency of the majority exceeds what is probabilistically expected by randomly copying the behavior [13]. The opposite of this tendency is anti-conformity, when people prioritize copying the least disseminated cultural trait in a population.

It is important to note that the fixation, extinction or variation in the frequency of cultural traits can occur both by competition and selection of traits and by chance, in a process known as cultural drift, which is analogous to genetic drift. These traits can be introduced into a population by random variation, guided variation or migration; they do not undergo any form of selection, but they vary widely in frequency, which results in their fixation or elimination [9]. Like genetic drift, cultural drift is a more important process in smaller populations because chance-sampling accidents are more probable. However, the occurrence of cultural drift in human groups appears unlikely because many cultural trait variation dynamics are guided, and there are several cognitive and psychological biases that influence the choices that are made at the time of transmission; however, some studies have shown that several cultural traits are randomly distributed within populations [83, 84].

### *2.3. Heredity in cultural evolution: the transmission of cultural traits*

Cultural transmission may be the main microevolutionary process of interest in ethnobiology (i.e., [5, 6, 56, 69, 70]). However, these studies present different viewpoints regarding teaching and learning, which specifically result in methodological and analytical differences.

Several studies have characterized learning as a complex process in which individuals become competent at a given cultural skill. For example, Bock [85] observes that the development of competency for a specific task occurs from an energy investment trade-off between the development of body characteristics and the investment in learning experiences. This perspective is similar to the learning model that is proposed by Ruddle and Chesterfield [86], which describes that the learning of a complex skill occurs through a sequence of different tasks, which begin with the simple tasks that are mediated by

trial-and-error events. Other studies have analyzed learning as the result of specific events of information transference (see [5, 69]). For example, Soldati et al. [6] have investigated whether learning strategies are influenced by the characteristics of the environment where people live; they address the initial assumption that learning occurs during specific events over the informants' lifetimes, and they have quantified this information.

Because CE is an approach that originates from mathematical models of population genetics and epidemiology (see [9, 22]), it emphasizes the importance of the frequency of information within a population. Therefore, CE indicates that the specific acquisition of information (cultural traits) should be prioritized over the process of becoming more proficient in a given skill. These broad-level transmission pathways are easier to model than skill proficiency, and CE favors the construction of testable models and hypotheses regarding cultural transmission.

As previously mentioned, parent-to-offspring cultural transmission may not always occur. Mesoudi [9] has subdivided cultural transmission into the following three distinct pathways: 1) from the parents to the offspring (vertical), 2) between unrelated members of the same generation (horizontal) and 3) between unrelated members of different generations (oblique). The scopes of the distinct transmission pathways are related to their possible spread. For example, the horizontal and oblique pathways have a higher scope than the vertical pathway because they allow the transmission of traits between all individuals of the same generation or of different generations [9]. Hewlett and Cavalli-Sforza [27] have subdivided these pathways into the following two types: "one-to-many" and "many-to-one". In "one-to-many" transmission, traits are transmitted from a model, such as a teacher, leader or the media (television or radio), to multiple individuals in one group, who are usually students or apprentices. In "many-to-one" transmission, the typically older members of the social group teach one selected individual. However, the scope of vertical transmission is limited to the number of offspring of a given parent [13] and can often be "one-to-one" transmission (Table 3).

Ethnobiological studies have found that the cultural traits of medical systems are mainly transmitted through vertical transmission [5, 6, 68, 69, 70]. This form of transmission suggests that plant medicinal resource information varies little over time. Vertical transmission is typically more conserved because transmission from parents to offspring only results in the accumulation of changes from one generation to the next. However, the horizontal and oblique pathways have wider scopes and can promote

quick changes, which are often observed in the cultural trait changes that result from knowledge transmission from the media.

The method that is used to collect the data regarding an information transmission pathway should be chosen carefully. For example, people tend to overestimate their learning from parents when simply asked about who taught them about medicinal plants [70, 87, 88, 89]. Several studies of vertical transmission have suggested that although the information may have been perfected through horizontal or oblique pathways during the informants' lifetimes (an essential process in the dynamics of local knowledge), the informants may have only referred to their first contact with the medicines, which often occurred during childhood [36].

In addition to the transmission pathway and scope, an important aspect of the study of cultural transmission within a CE framework is the transmission mechanism. According to Mesoudi [9], cultural traits can be transmitted through a *particulate* mechanism, where a trait is transmitted completely from one person to another, or through *blending*, where one individual can simultaneously adopt different proportions of two competing traits (Table 3). The particulate mechanism resembles what occurs with gene transmission, where information is transmitted by discrete units. One example is the information that plant X can be used as fuel for fire pits. People can faithfully transmit this information to one another without interference from another source. The approach of discrete units of cultural information has been widely used in memetics [10], where cultural evolution can be viewed through a neo-Darwinian perspective.

The blending mechanism can be better understood by considering the transformative process through which cultural information is transmitted; the transmission reflects a variation gradient, whereby each trait can be expressed to a varying degree. Transmission by blending is similar to the transmission that occurs for phenotypic variations, in that intermediate phenotypes result from the partial dominance of one gene or the co-dominance of two genes [90]. People usually blend cultural information from various sources before they transmit it to other people. An example of cultural transmission by blending is the belief system of an indigenous group after being colonized and its subsequent acquisition of information regarding Christianity, which resulted in a generation of new religious doctrines through the blending of original indigenous beliefs with Christian dogmas. Nevertheless, we believe that even continuous variation that is caused by blended transmission can be analyzed as discrete

units in specific cases. For example, the blending of indigenous and Christian beliefs can be studied as a particulate mechanism; people can adopt a set of binary traits from the Christian belief system and maintain the indigenous beliefs for other traits. This phenomenon is frequently observed with syncretism. Furthermore, for the statistical analysis, it is helpful to divide a continuous variation into discrete categories (i.e., divide the continuous scale into “high, “medium and “low”), but whether the loss of information is worth the advantage of analyzing discrete data remains unclear. Nevertheless, it is necessary to collect large amounts of continuous data to observe this type of blending as a particulate mechanism.

This article is not intended to deepen the polemic between the vision of cultural transmission as a preservative mechanism, where discrete traits are transmitted with high fidelity and the vision that information is reconstructed each time it is transmitted as a result of blending (for this discussion, see [14]). However, we must clarify that we do not favor the neo-Darwinian perspective in the understanding of cultural evolution; we prefer the Darwinian perspective. Therefore, a cultural trait (discrete or not) is one aspect of the human phenotype and is the basis for the analysis of human evolution (see [18]). However, evolution occurs at the level of the organism and is not based on the replicator, whether it is a gene or a cultural trait. Thus, ethnobiological studies usually focus on *particulate* transmission because it is often difficult, if not impossible, to collect and analyze large amounts of continuous data, such as that for traits that are transmitted by *blending*. A well-studied example is the *particulate* transmission of discrete “plant-therapeutic treatment” traits in the studies of medicinal plants.

### **3. Maladapted cultural traits**

Multiple microevolutionary processes may lead to a dissemination of traits that are not necessarily advantageous. The existence of maladapted cultural traits goes against what is expected of human fitness (i.e., these cultural traits do not positively contribute from an adaptive point of view and should, therefore, be eliminated during the selection process) [13]; however, they tend to remain in human populations. For example, in the context of medical systems, Tanaka et al. [31] argue that the treatments that are disseminated in a human population are not always the most effective. These ineffective and unsafe traditional drugs, which are likely to be transmitted, can be

considered maladapted cultural traits. Why do maladapted cultural traits arise, become established and undergo transmission?

According to CE, maladapted cultural traits arise as a collateral effect of information transmission strategies that allow individuals to obtain lower-cost adaptive information [91]. Thus, maladaptation results from evolutionary trade-offs by offering the possibility for individuals of a human population to cheaply and rapidly acquire adaptive cultural information, while simultaneously allowing the establishment and propagation of variants that fail to increase fitness [13].

Therefore, people may acquire any common behavior as long as it does not clearly conflict with their personal inferences. If there are cognitive or social processes that make maladapted information common (such as conformity bias and cultural drift), and if that information is not overtly false or damaging, people will copy it [19]. Therefore, the studies that focus only on a system's adaptive characteristics will fail to understand the real nature of human behavior [13]. If all cultural traits are adaptive, why do traits that do not add to the genetic fitness of human populations remain? This question should be the subject of future studies on the use of natural resources by human populations.

#### **4. Conclusions**

In this article, we discuss the potential of CE to supply a theoretical and explanatory framework to better understand the evolutionary processes that affect social-ecological systems, and this approach may help to predict their behavior over time. Table 4 summarizes several processes and factors that may affect social-ecological systems, as well as the possible contributions of CE to these discussions in EE. This summary highlights future research opportunities toward understanding how social-ecological systems evolve; additionally, this research may contribute to the growth of ethnobiology as a science. Finally, these studies on social-ecological systems may generate new insights into the processes of cultural evolution by serving as empirical evidence of CE.

#### **List of abbreviations**

EE – Evolutionary Ethnobiology

CE – Cultural Evolution

## **Declarations**

### Acknowledgments

The authors would like to thank Dr. Alex Mesoudi (University of Exeter, UK) for his insightful comments on the paper.

### Availability of data and materials

All data generated or analyzed during this study are included in this published article.

### Consent for publication

Not applicable.

### Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

### Ethics approval and consent to participate

Not applicable.

### Authors' contributions

FRS wrote the first draft of the manuscript. All authors contributed to the preparation and critical revision of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

## **References**

1. Albuquerque UP, Medeiros PM, Casas A. Evolutionary Ethnobiology. In: Albuquerque UP, Medeiros PM, Casas A, editors. Evolutionary Ethnobiology, Switzerland: Springer; 2015. P. 1-5.
2. Albuquerque UP, Ferreira Júnior WS. What Do We Study in Evolutionary Ethnobiology? Defining the Theoretical Basis for a Research Program. *Evol Biol.* 2017; doi: 10.1007/s11692-016-9398-z
3. Berkes F, Folke C. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. In: Berkes F, Folke C, editors. Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge: Cambridge University Press; 1998. Pp 1–26.



4. Berkes F, Colding J, Folke C. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecol Appl.* 2000; 10:1251–62.
5. Reyes-Garcia V, Broesch J, Calvet-Mir L, Fuentes-Pelaez N, Mcdade TW, Parsa S, Tanner S, Huanca T, Leonard W, Martínez-Rodríguez M. Cultural transmission of ethnobotanical knowledge and skills: an empirical analysis from an Amerindian society. *Evol Hum Behav.* 2009; 30: 274-85.
6. Soldati GT, Hanazaki H, Crivos M, Albuquerque UP. Does Environmental Instability Favor the Production and Horizontal Transmission of Knowledge regarding Medicinal Plants? A Study in Southeast Brazil. *PloS ONE.* 2015; doi:10.1371/journal.pone.0126389.
7. Santoro FR, Ferreira Júnior WS, Araújo TAS, Ladio AA, Albuquerque UP. Does Plant Species Richness Guarantee the Resilience of Local Medical Systems? A Perspective from Utilitarian Redundancy. *PloS ONE.* 2015; doi:10.1371/journal.pone.0119826.
8. Albuquerque UP, Medeiros PM. What is evolutionary ethnobiology? *Ethnobiol Conserv.* 2013; 2(6):1-4.
9. Mesoudi, A (2011) *Cultural evolution: how Darwinian Theory can explain human culture & synthesize the social sciences.* Chicago, University Chicago.
10. Dawkins R. *The Selfish Gene.* Oxford: Oxford University Press; 1979.
11. Cavalli-Sforza LL, Feldman M. *Cultural transmission and evolution: A quantitative approach.* Princeton: Princeton University Press; 1981.
12. Boyd R, Richerson PJ. *Culture and the evolutionary process.* Chicago: University of Chicago Press; 1985.
13. Richerson PJ, Boyd R. *Not by genes alone: how culture transformed human evolution.* Chicago: The University of Chicago Press; 2005.
14. Acerbi A, Mesoudi A If we are all cultural Darwinians what's the fuss about? Clarifying recent disagreements in the field of cultural evolution. *Biol Philos.* 2015; 30:481–503.
15. Mesoudi A, Whiten A, Laland KN. Towards a unified science of cultural evolution. *Behav Brain Sci.* 2006; 29: 329-283
16. Rogers AR. Does biology constrain culture? *Am Anthropol.* 1988; 90:819-31.
17. Enquist M, Eriksson K, Ghirlanda S. Critical Social Learning: A solution to Roger's Pradox of non adaptative Culture. *Am Anthropol.* 2007; 109:727-34.

18. O'Brien MJ, Lyman RL, Mesoudi A, VanPool T. Cultural traits as units of analysis. *Phil Trans R Soc B*. 2010; 365:3797–806.
19. Boyd R, Richerson PJ, Henrich J. The cultural niche: Why social learning is essential for human adaptation. *PNAS*. 2011; 108(2): 10918–25. Doi/10.1073/pnas.1100290108.
20. Mesoudi, A. Cultural evolution: a review of theory, findings and controversies. *Evol Biol*. 2015; doi: 10.1007/s11692-015-9320-0.
21. Boyd R, Richerson, PJ. *Culture and the evolutionary process*. Chicago, IL: University of Chicago Press; 1985.
22. Mesoudi A. A Darwinian theory of cultural evolution can promote an evolutionary synthesis for the social sciences. *Biol Theory*. 2007; 2: 263–75.
23. Mesoudi A, Whiten A. The multiple roles of cultural transmission experiments in understanding human cultural evolution. *Philos Trans*. 2008; 363: 3489–501.
24. McGeoch JA, McDonald, WT. Meaningful Relation and Retroactive Inhibition. *Am J Psychol*. 1931, 43(4): 579–88.
25. Spradley J. *The Ethnographic Interview*. NY: Holt, Rinehart & Winston; 1979.
26. Weller SC, Romney, AK. *Systematic Data Collection*. Newbury Park: Sage Publications; 1988.
27. Hewlett BS, Cavalli-Sforza LL. Cultural transmission among Aka Pygmies. *Am Anthropol* 1986; 88:922–34.
28. Rivera MC, Lake JA. The ring of life provides evidence for a genome fusion origin of eukaryotes. *Nature*. 2004; 431:152 –5.
29. Strimling P, Enquist M, Eriksson K. Repeated learning makes cultural evolution unique. *Proc Natl Acad Sci*, 2009; 106(33):13870–4.
30. Reyes-García V, Guèze M, Luz AC, Paneque-Gálvez J, Macía MJ, Orta-Martínez M, Pino J, Rubio-Campillo X. Evidence of traditional knowledge loss among a contemporary indigenous society. *Evol Hum Behav*. 2013; 34:.249–257.
31. Tanaka MM, Kendal JR, Laland KN. From traditional medicine to witchcraft: why medical treatments are not always efficacious. *Plos One*. 2009; doi:10.1371/journal.pone.0005192.
32. Perreault C, Moya C, Boyd R. A Bayesian approach to the evolution of social learning. *Evol Hum Behav*. 2012; 33:449–59.
33. Cook JL, den Ouden HEM, Heyes CM, Cools R. The social dominance paradox. *Curr. Biol*. 2014; 24:2812–6

34. Muthukrishna M, Morgan TJH, Henrich J. The when and who of social learning and conformist transmission. *Evol Hum Behav.* 2016; 37:10-20.
35. Nielsen M, Tomaselli K. Overimitation in Kalahari Bushman children and the origins of human cultural cognition. *Psychol. Sci.* 2010; 21, 729–36.
36. Henrich J, Broesch J. On the nature of cultural transmission networks: evidence from Fijian villages for adaptive learning biases. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2011; 366:1139–48.
37. Saslis-Lagoudakis CH, Klitgaard BB, Forest F, Francis L, Savolainen V, Williamson EM, Hawkins JA. The Use of Phylogeny to Interpret Cross-Cultural Patterns in Plant Use and Guide Medicinal Plant Discovery: An Example from *Pterocarpus* (Leguminosae). *PLoS ONE.* 2011; 6(7): e22275.
38. Casas A, Otero-Arnaiz A, Pérez-Negrón E, Valiente-Banuet A. In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Ann Bot.* 2007; 100:1101–15.
39. Albuquerque UP, Oliveira RF. Is the use-impact on native caatinga species in Brazil reduced by the high species richness of medicinal plants? *J Ethnopharmacol.* 2007;113: 156-70.
40. Abreu DBO, Santoro FR, Albuquerque UP, Ladio AH, Medeiros PM. Medicinal plant knowledge in a context of cultural pluralism: A case study in Northeastern Brazil. *J Ethnopharmacol.* 2015; 175: 124-30.
41. Nascimento ALB, Lozano A, Melo JG, Alves RR, Albuquerque UP. Functional aspects of the use of plants and animals in local medical systems and their implications for resilience. *J Ethnopharmacol.* 2016; doi: 10.1016/j.jep.2016.08.017
42. Rendell L, Fogarty L, Hoppitt WJE, Morgan TJH, Mike M, Webster MM, Laland KN. Cognitive culture: theoretical and empirical insights into social learning strategies. *Trends Cogn Sci.* 2011; 5(2):68-76.
43. Ferreira Júnior WS, Siqueira CFQ, Albuquerque UP. Plant stem bark extractivism in the northeast semiarid region of Brazil: a new aport to utilitarian redundancy model. *Evid Based Complement Alternat Med,* 2012; 1-11. ID 543207.
44. Alencar NL, Santoro FR, Albuquerque UP. What is the role of exotic medicinal plants in local medical systems? A study from the perspective of utilitarian redundancy. *Rev Bras Farmacogn* 2014; 24:506–15.

45. Nascimento ALB, Ferreira Júnior WS, Ramos MA, Soldati GT, Santoro FR, Albuquerque UP. Utilitarian Redundancy: Conceptualization and Potential Applications in Ethnobiological Research. In: Albuquerque UP, Medeiros PM, Casas A editors. *Evolutionary Ethnobiology*. New York: Springer. 2015; p 121-130.
46. Díaz-Reviriego I, Fernández-Llamazares A, Salpeteur M, Howard PL, Reyes-García V. Gendered medicinal plant knowledge contributions to adaptive capacity and health sovereignty in Amazonia. *Ambio*. 2016; 45(3):263-75. doi 10.1007/s13280-016-0826.
47. Hedrick PW, Ginevan ME, Ewing EP. Genetic polymorphism in heterogeneous environments. *Ann Rev Ecol Syst*. 1976; 7:1-32.
48. Barret RDH, Schluter D. Adaptation from standing genetic variation. *Trends Ecol EvoL* 2007; 23(1): 38-44.
49. Lacuna-Richman C. The use of non-wood forest products by migrants in a new settlement: experiences of a Viasayan community in Palawan, Philippines. *J Ethnobiol Ethnomed*. 2006; 2: 1-36.
50. Neshein I, Dhillion SS, Stolen KA. What happens to traditional knowledge and use of natural resources when people migrate? *Hum Ecol*. 2006; 34:99-131.
51. Waldstein A. Mexican migrant ethnopharmacology: pharmacopeia, classification of medicines and explanations of efficacy. *J Ethnopharmacol* . 2006; 108:299-310.
52. Medeiros PM, Soldati GT, Alencar NL, Vandebroek I, Pieroni A, Hanazaki N, Albuquerque UP The use of medicinal plants by migrant people: adaptation, maintenance, and replacement. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2012; 2-11.
53. Pieroni A, Nedelcheva A, Dogan Y. Local knowledge of medicinal plants and wild food plants among Tatars and Romanians in Dobruja (South-East Romania). *Genet Resour Crop Evol* 2015; 62:605-20.
54. Albuquerque UP. Re-examining hypotheses concerning the use and knowledge of medicinal plants: a study in the Caatinga vegetation of NE Brazil. *J Ethnobiol Ethnomed*. 2006; 2(1):1- 30.
55. Giovannini P, Reyes-Garcia V, Waldstein A, Heinrich M. Do Pharmaceuticals Displace Local Knowledge and Use of Medicinal Plants? Estimates from a Cross-

- Sectional Study in a Rural Indigenous Community, Mexico. *Soc Sci Med.* 2011; 72:928–36.
56. Mathez-Stiefel SL, Vandebroek I, Rist S. Can Andean Medicine Coexist with Biomedical Healthcare? A Comparison of Two Rural Communities in Peru and Bolivia. *J Ethnobiol Ethnomed.* 2012; 8:1-26.
  57. Singer M, Baer H (2012) *Introducing medical anthropology: a discipline in action.* London: AltaMira Press; 2012.
  58. Ferreira Júnior WS, Santoro FR, Albuquerque UP. Urbanization, Modernization and Nature Knowledge. In: Albuquerque UP, Alves RRN editors. *Introduction to Ethnobiology.* New York: Springer. 2016; pp. 251-6.
  59. Voeks RA. Tropical Forest healers and habitat preference. *Econ Bot.* 1996; 50: 381-400.
  60. Mesoudi A, Whiten A, Dunbar R. A bias for social information in human cultural transmission. *Brit J Psychol.* 2006; 97:405–23
  61. Heath C, Bell C, Sternberg E. Emotional selection in memes: The case of urban legends. *J Pers Soc Psychol.* 200; 81(6):1028–41.
  62. Nairne JS, Thompson SR, Pandeirada JNS (2007) Adaptive Memory Survival Processing Enhances Retention. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 2007; 33(2):263-73. doi: 10.1037/0278-7393.33.2.263.
  63. Nairne JS, Pandeirada JNS Adaptive memory: Is survival processing special? *J Mem Lang.* 2008; doi:10.1016/j.jml.2008.06.001. 2008.
  64. Rogers EM. *Diffusion of Innovations.* New York: Free Press; 1995.
  65. Ramos MA, Medeiros PM, Almeida ALS, Feliciano ALP, Albuquerque UP. Can wood quality justify local preferences for firewood in an area of caatinga (dryland) vegetation? *Biomass Bioenerg.* 2008; 32:503–9.
  66. Henrich J, Henrich N. The evolution of cultural adaptations: Fijian food taboos protect against dangerous marine toxins. *Proc R Soc B.* 2010; doi: 10.1098/rspb.2010.1191
  67. Henrich J, Gil-White F. The evolution of prestige: freely conferred deference as a mechanism for enhancing the benefits of cultural transmission. *Evol Hum Behav.* 2001; 22: 165–96. doi:10.1016/S1090-5138(00)00071-4.
  68. Zarger K, Stepp JR. Persistence of Botanical Knowledge among Tzeltal Maya Children. *Curr Anthropol.* 2004; 45: 413-9.

69. Lozada M, Ladio A, Weigandt M. Cultural Transmission of Ethnobotanical Knowledge in a Rural Community of Northwestern Patagonia, Argentina. *Econ Bot.* 2006; 60:374-85.
70. Eyssartier C, Ladio AH, Lozada M. Cultural Transmission of Traditional Knowledge in two populations of North-western Patagonia. *J Ethnobiol Ethnomed.* 2008; 4:25-33.
71. Hanazaki N, Tamashiro J, Leitão-Filho HF, Begossi A. Diversity of plant uses in two Caiçara communities from the Atlantic Forest coast, Brazil. *Biodivers Conserv.* 2007; 9(5): 597-615.
72. Almeida CFCBR, Ramos MA, Silva RRV, Melo JG, Medeiros MFT, Araújo TAS, Almeida ALS, Amorim ELC, Alves RRN, Albuquerque, UP. Intracultural variation in the knowledge of medicinal plants in an urban-rural community in the Atlantic forest from northeastern Brazil. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2012; doi:10.1155/2012/679373.
73. Medeiros PM, Silva TC, Almeida ALS, Albuquerque UP. Socio-economic predictors of domestic wood use in an Atlantic forest area (northeast Brazil): a tool for directing conservation efforts. *Int J Sustain Dev World Ecol.* 2011; 19:189-95.
74. Voeks RA, Nyawa S. Healing flora of the Brunei Dusun. *Borneo Research Bulletin.* 2011; 32:178-95.
75. Bingeman K. Women's participation in forest management decisions in the Upper Kullu Valley, Himachal Pradesh, India. *Himalayan Res Bull.* 2003; 21 (2): 53-61.
76. Arias Toledo B, Colantonio SE, Galetto L. Knowledge and use of food and medicinal plants in two populations from the Chaco, Cordoba province, Argentina. *J Ethnobiol.* 2007; 27 (2):218-32.
77. González JA, García-Barriuso M, Amich F. The consumption of wild and semi-domesticated edible plants in the Arribes del Duero (Salamanca-Zamora, Spain): an analysis of traditional knowledge. *Genet Resour Crop Evol.* 2011; 58(7): 991-1006.
78. Torrez-Avilez WM, Medeiros PM, Albuquerque, UP. Effect of Gender on the Knowledge of Medicinal Plants: Systematic Review and Meta-Analysis. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2016; doi: 10.1155/2016/6592363

79. Pfeiffer JM, Butz RJ. Assessing cultural and ecological variation in ethnobiological research: the importance of gender. *J Ethnobiol.* 2005; 25(2):240–78.
80. Bond R, Smith PB. Culture and Conformity: A Meta-Analysis of Studies Using Asch's (1952b, 1956) Line Judgment Task. *Psychol Bull.* 1996; 119(1):111-37.
81. Henrich J, Boyd R. The Evolution of Conformist Transmission and the Emergence of Between-Group Differences. *Evol Hum Behav.* 1998; 19:215–41
82. Molleman L, van der Berg P, Weissing FJ. Consistent individual differences in human social learning strategies. *Nat Comm* 5. 2014; doi:10.1038/ncomms4570.
83. Hahn MW, Bentley RA. Drift as a mechanism for cultural change. *Proc R Soc B.* 2003; 270:120–3.
84. Bentley RA, Hahn MW, Shennan SJ. Random drift and culture change. *Proc R Soc B.* 2004; 271: 1443–50.
85. Bock J. Learning, life history and productivity: Children's lives in the Okavango Delta, Botswana. *Hum Nat.* 2002; 13: 161–97.
86. Ruddle K, Chesterfield R. Education for Traditional Food Procurement in the Orinoco Delta. Berkeley: University of California Press; 1977.
87. Aunger. The Life History of Culture Learning in a Face-to-Face Society. *Ethos*; 2000; 2000: 445-481.
88. Hewlett BS, Fouts HN, Boyette AH, Hewlett BL. Social Learning among Congo basin hunter-gatherers. *Philos Trans R Soc B.* 2011; 366: 1168-78.
89. McElreath R, Strimling P. When natural selection favors imitation of parents. *Curr Anthropol* 2008; 49: 307–16
90. Klung WS, Cummings MR, Spencer CA, Palladino MA. *Concepts of Genetics.* Boston: Pearson. 2012.
91. Brown GR, Richerson PJ. Applying evolutionary theory to human behaviour: past differences and current debates. *J. Bioecon.* 2013; 16(2):105-28.
92. Pieroni A, Muenz H, Akbulut M, Baser KHC, Durmuskahya, C. Traditional phytotherapy and trans-cultural pharmacy among Turkish migrants living in Cologne, Germany. *J Ethnopharmacol.* 2005; 102:69-88.
93. Case RJ, Pauli GF, Soejarto DD. Factors in maintaining indigenous knowledge among ethnic communities of Manus Island. *Econ Bot.* 2005; 59(4): 356-65.

94. Godoy R, Brokaw N, Wilkie D. The effect of income on the extraction of non-timber tropical forest products: model, hypotheses, and preliminary findings from the Sumu Indians of Nicaragua. *Hum Ecol*, 1995; 23: 29-51.
95. Lacuna-Richman C. The socio-economic significance of subsistence non-wood forest products in Leyte, Philippines. *Environ Conserv*. 2002; 29(2): 253-62.
96. Demps K, Dougherty J, Zorondo-Rodriguez F, Reyes-Garcia V, Garcia, C. Schooling and local ecological knowledge: How students trade-off multifaceted educations. *Cult Agr Food Env* 2015; 37(1): 28-37.
97. Vandebroek I, Calewaert, J, De Jonckheere, S, Sanca, S, Semo, L, Van Damme, P, Van Puyvelde, L, D, e Kimpe, P. Use of medicinal plants and pharmaceuticals by indigenous communities in the Bolivian Andes and Amazon. *Bull World Health Org* 2004; 82:243-50.
98. Quinn CH, Huby M, Kiwasila H, Lovett JC. Local perceptions of risk to livelihood in semi-arid Tanzania. *J Environ Manage*. 2003; 68(2):111-9.
99. Silva TC, Medeiros PM, Araújo TAS, Albuquerque UP. Northeastern Brazilian students' representations of Atlantic Forest fragments. *Environ Dev Sustain* 2010;12:195-211.



## CAPÍTULO 3 - What evolutionary processes guide strategies for healthcare?

Artigo submetido na revista Plos One, aguardando resposta.



### WHAT EVOLUTIONARY PROCESSES GUIDE STRATEGIES FOR HEALTHCARE?

Flávia Rosa Santoro <sup>12</sup> and Ulysses Paulino Albuquerque <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Ecology and Evolution of Social-ecological Systems, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brazil.

<sup>2</sup>Postgraduate Program in Ethnobiology and Conservation, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

\*Corresponding author

Email: [upa677@hotmail.com](mailto:upa677@hotmail.com);

### **Abstract:**

**Background:** Among the recently discussed evolutionary issues that pervade studies on medical systems, one of the most controversial of them is the possible replacement of local medical systems for the biomedical system. A new core issue is the influence of local populations on

perception of diseases, which can guide cultural selection of treatment resources. **Research questions:** Our study investigates the process of hybridization of the local medical system with the biomedical system and the role of frequency and severity of local perception of diseases on prioritization in memorizing and transmitting information about their treatments. **Methods:** We collected data of medicinal knowledge of a Brazilian rural population in two different periods, with an interval of 8 years, and compared changes in local medical knowledge according to the knowledge about treatment with industrial drugs of the biomedical system and according to the perceived incidence and severity of diseases. **Results:** Our results show that biomedical and local medical systems complement each other, and evolutionary changes over time run to remedy the recurrent events, using resources from both systems. **Discussion:** We suggest that cultural biases make it possible for biomedical knowledge to coexist with knowledge of medicinal plants, complementing the range of resources used for healthcare and allowing the disease perception to guide the evolutionary path of medical systems. Our findings can help us elucidate new biases that guide the cultural evolution and answer issues that are still controversial in the health care literature.

**Keywords:** cultural evolution; evolutionary ethnobiology; local medical systems; intermediality; cultural selection.

## Introduction

Human behavior changes and takes form in the search for solving collective and individual problems [1, 2], such as those related to healthcare. Several studies reveal some patterns in medical systems [3, 4, 5, 6], which can serve as models for understanding important evolutionary processes of human culture, as which factors may work as cultural selection biases, or how fast are the changes according to the transmission routes, among other examples. Many of these patterns are seen in time-specific studies, in a synchronic perspective. On the other hand, there are some interesting reviews and field studies showing that a diachronic perspective can complement many theoretical and empirical findings and significantly contribute to the cultural evolution theory about evolution of medical systems [7, 8, 9, 10, 11]. As mentioned by Mesoudi, “A complete understanding of cultural evolution requires observational field studies that track people’s real-life behavior overtime. Such studies can potentially address key questions about cultural microevolution.” [12 (p.163)].

Medical systems are cultural systems based on what is considered health and disease by a certain group, as well as what are the chosen methods to treat such conditions [13, 14]. Examples of medical systems are traditional (or folk) systems and Western medical system. The former are present in small local human groups that use medicinal plants and animals, and can also be named local medical systems (Dunn 1976), and the latter may also be named biomedical or cosmopolitan system [13], whose main treatment strategy is the prescription of industrialized drugs that are sold on large scales. We can look at the knowledge about diseases and treatment resources of each medical system as cultural traits, that is, units of information that can be quantified so that the evolutionary path of such systems can be understood (see [15], for cultural traits). Cultural traits undergo natural and cultural selection [12], that is, they are not equally likely to be stored and transmitted, i.e., replacements can occur.

The increasingly common dialog between the medical systems mentioned above has made some scholars wonder about a possible replacement over time of the local medical system by the biomedical system [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. Although many other studies [23, 24, 25, 26, 27] suggest that the intercession between medical systems may be beneficial to local populations, which is also what we have confidence in, this issue still seems to be open in the literature. An analysis on the knowledge of medicinal plants through time can show if these systems compete or cooperate. For example, variations over time in the proportion of medicinal plants according to the popularity of industrialized drugs could point to a cultural selection that favors only one system or that presents a cooperative dialogue.

Results from recent studies of our research group also led us to think about other possible biases of cultural selection: the local perception of diseases incidence and severity. Santoro et al. [28] and Nascimento et al. [29] showed that local populations know more medicinal plants to treat diseases that are more frequent than the rare ones. It is adaptive to seek more information about frequent diseases because of the need to have a greater medicinal pool for events that are more likely to occur. People could prioritize to experiment with new plants or search new resources (in magazines, markets, TV, or even in biomedicine) to treat the most likely diseases that occur according to their perception, and enrich the local medical system in this direction. However, by the very frequency of an illness, people would transmit more information about its treatment and the increase of transmission events could lead to an increase in transmission errors, generating cultural mutations that could be detrimental to health (maladaptive). This

could occur if there were more modification over time in composition of plants (not just the number) to treat the more common diseases than the rarer ones.

The local perception of diseases severity was negatively related to the number of plants known for treatment in these studies [28, 29]. Among the hypotheses raised to explain this relationship were also the possible transmission errors that would be less likely to remain in cases that present greater danger of life [28, 29]. The lower modification over time of plant composition in the treatment of more serious diseases could also answer this question. However, it may also be that people seek to innovate less in treatment for these diseases (because the risk of a new experiment could be fatal) [28,29]. This could be observed if, over time, there is a smaller increase in the number of medicinal plants for treatment of more serious diseases than of common conditions. In addition, the severe diseases might also be unpopular, with their medical framework reduced over time, which could be seen if there was a decrease in the sharing of information about them over time.

This research intends to answer some questions that have been left unanswered in previous studies on medical systems. Moreover, it seeks to identify microevolutionary processes that guide human behavior regarding healthcare strategies. Using as model a local medical system from the Brazilian semi-arid region studied in two different periods, 8 years apart from each other, we seek to answer two main questions:

1) Does the biomedical system cooperate with or compete with the local medical system? In order to answer this question we will examine whether knowledge about medicinal plants increases or decreases over time according to the current popularity of industrial drugs. In addition, we intend to verify whether people prefer to follow models of one of the medical systems when treating a new and unknown disease, which would show if the intercession of medical systems favors one of them.

2) What is the role of disease incidence and severity in the cultural selection of medicinal resources? In order to answer this question we will analyze if: a) New information about medicinal plants (either by innovation or migration from magazines, TV, markets, etc.) and loss of information over time are related to the incidence and/or severity of diseases; b) The variation in the composition of medicinal plants for each disease over time is related to the incidence and/or severity of diseases (as a clue about cultural mutations); c) The increase or decrease of sharing about medicinal plants over time is related to the incidence and/or severity of diseases; d) The number of industrial drugs is related to the frequency and/or severity of diseases.

## **Methods**

### **Studied population**

The study was performed in the rural community of Carão, in the municipality of Altinho (geographic position 8° 29' 32" S; 36° 03' 03" W), in the mesoregion of *agreste de Pernambuco*. The region is dominated by arboreal hypoxerophytic vegetation with deciduous and semi-deciduous species, which categorizes it as a Caatinga ecosystem. The climate is semi-arid, according to Caruaru's weather station (60 km away from Altinho), and the precipitation is approximately 746 mm, with the rain season occurring between June and July. Finally, the average annual temperature is 23°C [30].

The local population is small, with approximately 101 inhabitants, according to information provided by the health center and confirmed by the residents. The main subsistence activity is the cropping of corn, beans and cassava [31]. The crops are consumed within the community and the surplus is sold in Altinho's street market. Most of the adult population has no more than 5 years of formal education or is illiterate. However, there is an elementary school in Carão, while education for older children – and for teenagers – is offered in Altinho's inner city [31].

Carão has a Health Center that receives weekly visits of a nurse and monthly visits of a doctor, and that provides commercial medicines. Besides that, other drugs may be purchased in drugstores in Altinho. The community of Carão is 16 km away from Altinho's urban center, and the access is reached through a one-way dirt road on a truck that belongs to a local family, who offers transportation daily at 7h – from the community to Altinho's urban center – and at 12h – from Altinho's urban center back to the community.

The community of Carão has been at the center of many ethnobiological studies on aspects involving the knowledge and the use of plants as wood, food, and medicine [31, 32, 33, 34, 35].

### **Ethical and legal aspects and experimental design**

According to the current legislation (Resolution no. 466 from December 12, 2012, by *Conselho Nacional de Saúde* – Brazil National Health Council), all people who accepted to take part in the research were asked to sign a *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido* (TCLE), – Informed Consent Form – authorizing the collection, use and

publishing of the data obtained from this study. The research was also approved by the ethical committee from Universidade Estadual de Pernambuco (UPE) – Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (Plataforma Brasil) – registered at no. CAAE: 64811715.3.0000.5207.

Data about the diseases recognized by locals and the medicinal plants to treat them were collected in the community of Carão in two different periods. The first was between January and June of 2007 (period 1), and the second was from June, 2015 to February, 2016 (period 2). Information about period 1 was obtained from the database of the Laboratory of Ecology and Evolution of Social-ecological Systems (LEA), which holds information about the medicinal plants and the diseases that were mentioned by all people older than 18 that were present in the community in the period, totaling 104 people (68 women and 36 men aged between 18 and 90 years old). These data were collected from free lists and individual semi-structured interviews [36].

The researchers who collected the data in period 1 were contacted before data collection from period 2 was initiated, so that the same methodological procedures would be adopted. The strong connection that the research group of LEA created with the community of Carão in 2007 cleared the way of our research group into the community in 2015, especially when researchers from the 2007 visit accompanied our group during the first visits.

From 2015 to 2016 we did a population survey of all people older than 18 in the community of Carão, including those who were not present in 2007. Two people declined participating in the study, so the sample from period 2 totalized 99 people (51 women and 48 men, aged between 19 and 88 years old), out of which 63 also participated in the studies in period 1.

During period 2, similarly to period 1, the local knowledge of medicinal plants was achieved through individual semi-structured interviews, which started with the free list technique [36]: informants were asked to list the medicinal plants they were familiar with. The interviews in two periods posed the following questions: “*What illnesses do these plants treat?*”; “*How is this disease?*”. In period 2, we also asked “*Is there any medicine from the drugstore that also treats this illness?*”, These questions aimed at finding about the composition and the number of the medicinal plants, the diseases and the knowledge of industrialized drugs (biomedical resource) for each target.

In order to verify whether people seek for help preferably from actors (models) of the biomedical system (doctors and nurses) rather than from those belonging to the local

system (healers and local specialists) when treating a disease, at the end of each interview we asked from whom they would ask for help if they had to treat an unknown illness, that is, a disease they cannot treat by self-medicating neither with plants nor with industrialized medicines. In this question, we left space for informants to respond if they prefer actors from one or another system, depending on the disease, or if they would choose both equally.

In this study, we used the local classification of plants and diseases. Therefore, we standardized the local terminology of these variables. The descriptions of diseases that were given at the interviews helped us understand some synonyms mentioned during the two periods of research. For instance, when someone said “*comida que ofende*” (food that makes you feel sick), the symptoms were the same of “*barriga inchada*” (swollen stomach). We repeated the interview with some informants in order to make sure that similar diseases with different names were, in fact, synonyms, and only when the person recognized two different names as having the same meaning we standardized it with the most common name. With the mentioned plants, we sought for help from three local specialists in order to make sure that some names were considered synonyms within the community, such as “*imburana açu*” and “*imburana de cheiro*”.

## **Local perception of the diseases incidence and severity**

In order to gather information about the local perception of the incidence and severity of diseases, we organized two participatory workshops [37] in 2016, to which all members of the community were invited. 35 people attended the workshop on incidence, and 24 attended the one on severity. Everyone who attended the latter was present at the former. For the execution of the participatory workshops, we manufactured cards with diseases names that were mentioned in the two research periods. During the workshops, we asked participants to rank the cards according to their incidence and severity in the last 10 years, on a scale from 0 to 10, adopting the methodology applied in a different study with the same goal [28].

During the workshops, some synonyms of popular names of plants and diseases mentioned in the interviews in both years became clear, which allowed for a better standardization of the data. Some diseases could not be ranked due to a lack of consensus, which is a common bias in participative methods [37]. Therefore, 112 the diseases were ranked according to their frequency, and 113 according to their severity.

## Data analysis

In this study, our units of analysis were the cultural traits regarding the diseases that were known by the community, as well as the forms of treatment, with the use of medicinal plants and industrialized medicines. At first, we quantified the number of plants and diseases mentioned in the two periods of the research, and the number of industrialized medicines mentioned in period 2.

In order to analyze if the interaction between two medical systems favors one of them, we verified if the decrease of knowledge about plants throughout time had some sort of relation with the current popularity of industrialized medications. Even without data about industrialized drugs in period 1, we can estimate if the popularity of those drugs threatens the knowledge of plants if a decrease in the number of plants, according to a great current popularity of industrial drugs, is observed. For this analysis, the independent variable was the number of people who knew industrialized drugs that could treat each disease (the popularity of industrialized drugs). We believe that the popularity of any industrial drug would be more threatening to plant knowledge than the number of those drugs, because there is often few or only one industrial drug for a particular disease. However, this one or few industrial drugs can be so popular that it would have great cultural influence. The dependent variables were the increase and decrease in the number of plants over time (number of plants for each disease in period 2 subtracted from number of plants of the same disease in period 1). This relation was verified in a generalized linear model (GLM) performed through Poisson distribution and we used Stepwise regression in order to obtain the best model based on the Akaike Information Criterion (AIC).

We also analyzed from which medical system are the actors that were sought after for treating diseases. Thus, we performed a  $\chi^2$  test comparing the number of people who claimed to seek help from doctors or pharmacists with the number of people who claimed to seek help from someone from the local community, such as healers or family relatives, whenever they had a disease against which they did not know how to self-medicate.

Aiming to understand whether the incidence and the severity of diseases shape the search for treatment, we linked the ranking of incidence and severity obtained from the workshops to the following dependent variables:

(a) The increase and decrease of the number of plants over time (number of plants of each disease in period 2 subtracted from number of plants of same disease in period



1), which shows the innovations and migration of new information and also possible deletions (decrease in number), either by disuse or by lack of local importance;

(b) The value of similarity of plants from period 1 to period 2 (we used Jaccard's similarity distance), that is, the variation in the composition (and not the number) of medicinal plants for each disease over time, which shows possible cultural mutations (variations created by transmissions errors);

(c) The increase and decrease (number of people who mentioned knowing how to treat each disease in period 2 subtracted from the number of people who mentioned this disease in period 1) of knowledge sharing about the treatment of each disease over time, which shows the increase of transmissions and also reveals the forgetfulness of people who already knew that information;

(d) The number of industrial drugs known to treat each disease. Here, we report the number of drugs, not their popularity, since the popularity of the drug may be directly linked to the frequency of an event (this analysis would be biased), while the number may be influenced by the frequency.

All the analyses of the relation between the variables were performed using a generalized linear model (GLM), combining in the same model analyses with the same dependent variables, which can be explained together (Table 1). A table with descriptive statistics of data used in GLM analysis is available in supporting information S1Table.

GLM were performed through Poisson distribution, except for analysis (b), in which we used Gaussian distribution, once the independent variable was not continuous (Jaccard's dissimilarity distance value). After each GLM analysis, we used Stepwise regression in order to obtain the best model based on the Akaike Information Criterion (AIC). All analyses were performed using the software R, version 3.2.3 [38].

## Results

### The local medical system over time

People from the community of Carão recognized the existence of 151 diseases in period 1, and 96 of them were still recognized them in period 2 (see supporting information S2 Table). In period 2, the total amount of recognized diseases was 148, which means that 52 of them appeared during the 8 years that separates the studies, when 55 were extinct from local knowledge. In period 1, people mentioned 233 medicinal

plants, and 162 were still mentioned in period 2 (supporting information S3 Table). In total, 190 plants were recognized in period 2, so 28 new plants were added to the medical system over eight years, while the knowledge on 71 of them was lost. We did not have access to information on industrialized medicines in period 1, however, in period 2, 134 drugs from the biomedical system were acknowledged.

## **Does the biomedical system cooperate with or compete with the local medical system?**

We observed a positive relation between the increase of plants over time and the current popularity of industrialized drugs, and a negative relation between the loss of plants over time and the popularity of industrialized drugs (Table 1). This result indicates that the loss of knowledge about plants throughout time was not influenced by the current popularity of the biomedical resources, but it seems that both local and biomedical systems complement each other, cooperating and concentrating the increment of resources to meet the same diseases. Furthermore, people still seek for help mostly from actors who belong to the local medical system (n=71), whether they are local specialists or family relatives, while not so many resort to the biomedical system – “doctors” and nurses – (n=12) ( $\chi^2=41.94$ ,  $p=0.0001$ ). A few people affirmed not to trust on anyone when looking for this kind of information (n=9), and no one mentioned choosing equally the two sources of knowledge.

## **What is the role of incidence and severity of disease in the cultural selection of medicinal resources?**

Incidence is related to the increase of the number of medicinal plants and sharing of information over time. Incidence is also related to a higher number of cultural traits about industrialized medications in period 2 (Table 1). These results show that the frequency of a disease accounts for the quest for incrementing the set of knowledge (cultural traits) regarding the possible treatments for an illness, if it is treated by industrialized drugs or by medicinal plants. Even though incidence is an important factor in the emergence of new cultural traits in local medical system, the similarity analysis between years (Table 1) does not explain any variation in the composition of plants over time. That being said, incidence has a positive effect on the variation of treatment

possibilities, but not on the variation of composition (quality) of treatment, which could show substitutions by possible cultural mutations.

Incidence did not influence the loss of knowledge of a given treatment method over time (Table 1), which appeared to be a distinct event in the search for knowledge. Thus, people seek new treatments for the most frequent diseases, but do not forget the treatments of those that are rare.

There is no relation between the diseases severity and the knowledge on industrialized drugs or the dynamics of the number and the composition of plants over time. Severity is also not related to the dynamics of the sharing of information about each illness (Table 1).

**Table 1: Results from this study analysis using the Generalized Linear Model (GLM).**

Dependent variables	Independent variables	AIC	Explanatory Model		
			Estimate	Z	p
		318	Estimate	Z	p
Increase on number of plants	Popularity of industrialized medication	316 <sup>a</sup>	0.049938	5.970	2.37e-09*
	Incidence of diseases	316 <sup>a</sup>	0.195091	4.907	9.24e-07*
	Severity of diseases		0.006778	0.226	0.821158
		458.31	Estimate	z	p
Decrease on number of plants	Popularity of industrialized medication	457.75 <sup>a</sup>	0.05433	-2.469	0.0135*
	Incidence of diseases		-0.03753	-1.190	0.2342
	Severity of diseases	457.75 <sup>a</sup>	0.02905	1.350	0.1771
		-24.857	Estimate	z	p
Discrepancy of plant composition (similarity)	Incidence of diseases		0.001622	0.189	0.851
	Severity of diseases		0.000292	0.042	0.966
		505.94	Estimate	z	p
Increase in sharing	Incidence of diseases	504 <sup>a</sup>	0.214341	6.955	3.53e-12*
	Severity of diseases		0.002786	0.113	0.9103
		606.67	Estimate	z	p
Decrease in sharing	Incidence of diseases		0.036583	1.699	0.0894
	Severity of diseases		0.009403	0.537	0.5913

		401.9	Estimate	z	p
Number of industrialized medicines	Incidence of diseases	400.5 <sup>a</sup>	-0.01644	9.797	<2e-16*
	Severity of diseases		0.25967	-0.785	0.4322

<sup>a</sup> AIC value of the variables that fit in the best model, according to Stepwise

\* results considered significant, with  $p < 0.05$ .

## Discussion

### Does the biomedical system cooperate with or compete with the local medical system?

The diseases that had the greatest increase of plants over time are exactly those in which there is more popularity of industrialized medicines. The opposite also happened, with a greater reduction in the number of plants in those diseases where little or no industrialized medicine is known. That is, the two systems move in the same direction. Therefore, our results support the idea that biomedical and local medical systems co-exist, complementing each other, contributing to the maintenance of the health of a local population.

According to some authors, the local and the biomedical systems are incompatible and impossible to dialog and the contact between them would promote the replacement of the local by the biomedical system [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]. It may be plausible due to the common dominance of Western culture over several other cultures [39], which makes the models or the information from the biomedical system seem attractive for different human groups. However, as we observed in our results, it is not a rule that the hegemony of the biomedical system eliminates traditional medical practices. They may remain viable and actually increase in popularity [40].

It is known that there is a “competition” for memory space between the different cultural traits that is vital for evolution [41, 42], and we were able to see that some cultural traits of the local medical system are eliminated with time, such as the diseases and plants that were extinguished in period 2. Nonetheless, apparently, this “competition” is due to other factors and is not related to the origin of the knowledge – that is, it does not matter if it came from the local or biomedical system, both sources of knowledge seem to contribute equally for the population’s healthcare.

Giovannini et al. [25] found similar results in a synchronic analysis about the knowledge of lay people in a Mazatec community in Mexico. They found that the more a person knows and use medicinal plants, the more this person knows about industrial drugs, showing that the two medical systems grow in the same direction, and do not replace each other. The same study suggests that the associations between knowledge of medicinal plants and industrial drugs may reflect the role of third variables, such as the frequency of self-medication. In our study, it seems that people prioritize transmitting and incrementing the treatment alternatives for a given group of diseases (namely the frequent ones, as we will discuss) using information from both sources.

We do not have information about the community knowledge of industrialized drugs in period 1, which makes it impossible for us to verify if it increased throughout the years. However, as we observed that there was an increase in the knowledge of plants used for diseases that could also be treated with industrialized drugs in period 2– that is, those diseases against which locals also know how to treat with industrialized drugs, we can suppose that, regardless of the possible increase or decrease of the biomedical system popularity from the period 1 to period 2, it did not replace the knowledge of plants over time.

The complementarity that we found is known as medical pluralism [43] or intermedicality [44], which occurs when human populations mix different medical systems. It has been suggested by a number of studies on indigenous and rural populations [[23, 24, 25, 26, 27, 45]. In some populations, those systems are clearly perceived as distinct, being sometimes exclusive and sometimes complementary [46]. In other populations, the intersection between them is so strong that the biomedical system enters into the local system promoting a syncretism that makes it impossible to separate them. Thus, the biomedical system is redefined to fit to the local medical system [45].

We have some clues about at what level this intersection is occurring in Carão. According to our interviews, people distinguish between two different methods of healing, although they are aware of both. People realize that certain diseases can only be treated with the help of the "doctor", especially those diseases that can only be diagnosed at health posts, such as diabetes and high blood pressure. On the other hand, by the informants' reports, some nurses and physicians from hospitals and health centers also teach locals about plants, including how to treat these "biomedical" diseases, only diagnosed with the help of biomedical system. This means that the dialog between the

two systems occurs on both sides, and the adoptions of the practice of both of them is supported by the two systems present in Carão.

This phenomenon can be seen by the perspective of Rogers [47], who states about the adoption of innovations. The pre-requirements to the adoption of innovations can be understood as a content bias [12, 42]. Considering that the local medical system is older than biomedicine in the studied population, we can observe that local populations adopt cultural traits from the biomedical system because the information from this system is consistent with their previous information about the medicine they use. This can occur because physicians and nurses seem to be able to take their concepts of disease to the local population, including favoring this dialogue with the plant-based medical system. Although these biases allow the adoption of new traits, they do not lead to the replacement of the local system traits by the new traits from the biomedical system.

Despite the strong dialogue, people still claim they would rather seek for help from social actors that belong to the local system than from those pertaining to the biomedical system, such as practitioners and pharmacists, when dealing with a new disease. We do not have more in-depth investigations on possible context biases (see [48]) however; it seems that the model-based context biases lead people to prioritize local system models, showing a greater confidence in the local medical system than in the biomedicine.

The combination of these results shows that people can view two options of diseases treatment, since they use industrial drugs and medicinal plants. During self-medication, use of resources from both systems seem to go in the same direction, but there is a great predilection for the local medical system when it comes to having to seek help from a health expert. In other words, people can define what they prefer to adopt from the biomedical system and what they prefer to maintain from the local medical system, taking advantage of what is most convenient.

## **What is the role of the incidence and severity of diseases in the cultural selection of medicinal resources?**

The severity of an illness does not influence the search for new forms of treatment – with plants or industrialized drugs – nor does it affect the sharing of information about treatment within a short period, such as the one we used for the analysis. Conversely, the incidence of diseases may be considered a key factor for the transmission of information

and for innovation, once people prioritize transmitting knowledge and seeking for new courses of treatment for those diseases that are more frequent. There are few studies that work with the hypothesis that the severity and the frequency of an illness may influence their choice of treatment. However, their scope is quite narrow, with analyses performed in a single period. Still, they have found that the more severe a disease according to local perception, the fewer the number of plants known to treat them. Adversely, the more frequent, the higher the number of plants [28, 29]. Some explanations have been suggested for this pattern, and we will use them to discuss our results.

In a wide context, increasing the number of plants by introducing innovation contributes to the medical system resilience, which makes it to eventual disorders [49, 50]. The frequency of an event may motivate people to broaden their treatment alternatives so they can make sure they will have an option for events that are most likely to occur, which reveals an adaptive feature [50]. Using this perspective as basis, we propose that the incidence of an illness event can work as a cultural selection bias, once when local people perceive that a disease is recurrent, they give priority for it in memory, transmission and in the search of new treatments. Our results supports this prioritization, showing an increase not only in the number of plants, but also in the sharing of cultural traits on the most incident diseases, as a sign of major transmission events. Those changes in number and sharing occurred in a short period of eight years, which reveals that the local medical system responds quickly and is able to adapt to conditions that are perceived as frequent.

Our findings do not appear to be a result of random copying or conformity bias [51, 52], once the factor that caused an increasing in sharing was an intrinsic characteristic of the information (the recurrence of the disease), and not its previous sharing by the people. Furthermore, the transmission of knowledge did not increase alone due to a possible higher frequency of cultural traits related to more incident diseases. Along with increased sharing, there was clearly an increased search for new information about their treatment. The greater number of industrial drugs for these diseases also shows their greater importance for the population, which results in prioritization of treatment information.

In fact, the greater occurrence of an disease event would cause more information about this event to circulate in the population, thus increasing its share over time. Therefore, the increasing in the number of plants to treat these diseases could occur because the larger the cultural transmission chain, the greater the likelihood of

transmission errors occurring. This randomly aggregates new information to the cultural domain – as occurs in Chinese whispers, in which a greater number of people increases the occurrence of errors in the transmission of the original message. Thus, the increase of number of plants to treat incident diseases could be a result of cultural mutation (see [12, 53]), because of the very characteristic of the disease in being frequent. In this case, the higher number of plants to treat incident diseases would be the result of a maladaptation process due to the persistence of errors.

However, if the increase of the number of plants were a consequence of errors in transmission, it would be expected to find more discrepancy in the composition of plants between the two periods regarding the diseases that are more common. Our findings, however, do not present a greater variation in plant composition for more incident diseases over time. Indeed, there is no relation between variation in composition and incidence. Thus, we can affirm that the increase of number of treatment for the frequent diseases owes to the voluntary increment of medicinal plants, caused by innovations or by the migration from other sources of knowledge (like exchanges among migrant people, markets, new knowledge learned from TV and magazines), and not by cultural mutations.

Earlier studies claim that innovations with plants are done through experimentation, which explains why previous findings suggest that more serious diseases are linked to a lower number of plants than that of less serious ones [28, 29]. According to the previous interpretations of this finding, it is more likely to try new courses of treatment in less severe events than in serious ones, once serious events carry severe threats to one's health – in which cases it seems safer to copy knowledge that already exists. The aforementioned authors corroborate the argument of Laland [54], according to whom the production of knowledge is always more demanding than the copying of pre-existing information when one is facing serious danger.

Our results, however, do not support the idea that there is individual production of knowledge in less serious events, since we did not observe a connection between the occurrence of innovation (or any variation in the number of treatments) and the severity of an illness. In general terms, we agree with Soldati et al. [55] in that the individual production of knowledge is not very likely to happen in the context of a medical system. This is because, in the setting of healthcare attention, adding a practice through trial and error is always dangerous, which is not true in other areas of ecological knowledge, such as the use of plants as food and for wood harvesting. Based on field observations of the analyzed medical system, it is more parsimonious to suggest that new information on



diseases treatment that are considered important, such as in the most incident ones, emerge mainly from the copying of information, even when the source is external to the local medical system (magazines, the TV, public markets in the city or people who visit the community).

Hence, when we combine our results, we observe that the severity does not affect the dynamics of plant knowledge, at least during the short period in which we observed the community. Conversely, incidence has a prompt influence on the dynamics of choosing a course of treatment – whether it is treated with plants or with industrialized medications –, and it also shapes the transmission of information about how to treat an illness. Therefore, our findings do not allow us to consider the severity of an illness as a factor that works as a bias of cultural selection, which favors the appearance of innovation or of transmission events. The studies that observed that the plants number was negatively related to severity also found that the severity and incidence are interconnected, hence they could not be examined individually [28, 29]. We can suggest, then, that the greater concentration of plants that was found in less serious events in such studies is a result of the high frequency of these diseases, and not of their severity.

Nevertheless, we can affirm that the frequency of an illness event makes people turn their attention to cultural traits that carry information about them, in this case making the cultural traits of frequent diseases more susceptible to the occurrence of events of searching and knowledge transmission. Thus, we suggest that the incidence of a disease event is a factor that works as a content bias of cultural selection in medical systems.

## **Limitations of the study**

We assume that a study performed at two different times with two different teams has limitations. In spite of our best efforts to minimize possible research biases, following the same procedures implemented by the researchers during period 1, we know that the application of the interviews by different people may lead to a loss of data. Nevertheless, as we analyzed the collected data, we observed that the mentions of plants and diseases followed the same patterns. Thus, in general, we assume that there was not a significant loss of information over time.

In addition, only in period 2 we gathered data about the perception of the incidence and severity of diseases. During the workshops, we asked people to rank the frequency and the severity of the illnesses according to what they had observed in the last 10 years,

however, we are aware that they were not always able to recall such information. In some cases, when a disease presented a great discrepancy of frequency in the past years, informants indicated that the frequency of the illness was only related to the last year. In these cases, we removed them from the analyses that considered the two periods. However, even if we attempted to access the frequency of the last years, the lack of such data in period 1 limits the discussion about the dynamics of these factors over time.

The lack of relation between number of plants and the severity of the diseases in our data may have happened because severity affects the medical system more slowly, responding to a perception of severity that is different from the current one. Conversely, we could expect, in those cases where the incidence of the disease in period 2 was far too different than that in period 1, the increase of plants number between the two periods may have occurred in less than 8 years, which does not contradict our findings on the influence of this factor.

## **Conclusions**

Our study sheds light on some unanswered questions about what motivates people to search for healthcare. With regard to the so-called replacement of local medical systems by the biomedical system, we have confirmed that there is no such event occurring within the community we studied. A population can benefit from the intersection of two medical systems, increasing their possibilities of curing diseases. Having said that, we were also able to make it clear that the cultural traits from the biomedical system meet the requirements for the adoption of innovation. Furthermore, at least consciously, people still prefer copying new information from models of the local medical system. People can define what they prefer to adopt from the biomedical system and what they prefer to maintain from the local medical system, by taking advantage of what is most convenient.

The perceived diseases incidence was shown to be the most important factor that guides knowledge transmission and the search for treatment. People would rather transmit and search cultural traits related to those events that are the most frequent, seeking for information from different sources in order to deal with the most common health problems. In addition, it should be noted that the disease severity might also be a factor for the development of local medical systems and for the act of resorting to the biomedical system, although this can be only true when it comes to longer periods of time, which we

were not able to cover in our study. Thus, our results allow us to sustain that the frequency of an event may be seen as a content bias, which makes information on the most incident diseases appear more attractive than others do.

We understand that the factor that fosters a competition between the cultural traits – which leads to the evolution of the medical system – does not seem to be the origin of the cultural trait (biomedical or local), but the frequency in which the trait is used. Even though our results relates to only one specific community, many other medical systems are undergoing the same processes observed in our study and our findings can broaden our view of the processes behind healthcare decision making.

## Acknowledgements

We would like to thank people from the community of Carão who contributed to this study, especially Rosália Nunes de Oliveira and Alexandre Oliveira do Nascimento. We also thank the colleagues from the Laboratory of Ecology and Evolution of Social-ecological Systems who contributed to the data collection and discussions, especially Leonardo Chaves for the help with the data analyzes. Finally, we thank CAPES for providing the first author with a scholarship.

## References

1. Choi JK, Bowles S. The coevolution of parochial altruism and war. *Science*. 2007; 318: 636-640.
2. Boyd R., Richerson PJ. Culture and the evolution of human cooperation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biol Sci*. 2009; 364:3281-3288.
3. De Vos P. (2010) European materia medica in historical texts: longevity of a tradition and implications for future use. *J Ethnopharmacol*. 2010; 132:28-47.
4. Saslis-Lagoudakis CH, Klitgaard BB, Forest F, Francis L, Savolainen V, Williamson EM, Hawkins JA. The use of phylogeny to interpret cross-cultural patterns in plant use and guide medicinal plant discovery: an example from *Pterocarpus* (Leguminosae) *PLoS One*. 2011; 6(7): e22275. doi: 10.1371/journal.pone.002227
5. Medeiros PM, Ladio AH, Santos AMM, Albuquerque UP. Does the selection of medicinal plants by Brazilian local populations suffer taxonomic influence? *J Ethnopharmacol*. 2013; 146(3): 842-852.
6. Díaz-Reviriego I, Fernández-Llamazares A, Salpeteur M, Howard PL, Reyes-García V. Gendered medicinal plant knowledge contributions to adaptive capacity and health

sovereignty in Amazonia. *Ambio*; 2016; 45 (Suppl 3): 263-275. doi 10.1007/s13280-016-0826.

7. Leonti M. The future is written: Impact of scripts on the cognition, selection, knowledge and transmission of medicinal plant use and its implications for ethnobotany and ethnopharmacology. *J Ethnopharmacol*. 2011;134: 542–555.

8. Reyes-García V, Guèze M, Luz AC, Paneque-Gálvez J, Macía MJ, Orta-Martínez M, Pino J, Rubio-Campillo X.. Evidence of traditional knowledge loss among a contemporary indigenous society. *Evo Hum Behav*. 2013; 34: 249-257.

9. Dal Cero M, Saller R, Weckerle, CS. The use of the local flora in Switzerland: a comparison of past and recent medicinal plant knowledge. *J Ethnopharmacol*. 2014; 192: 28-47.

10. Leonti M, Staub PO, Cabras S, Castellanos ME, Casu L. From cumulative cultural transmission to evidence-based medicine: evolution of medicinal plant knowledge in southern Italy. *Front Pharmacol*. 2015; 6, 207.

11. Nascimento ALB, Medeiros PM, Albuquerque UP. Factors in hybridization of local medical systems: Simultaneous use of medicinal plants and modern medicine in Northeast Brazil. *Plos One*, 2018; doi.org/10.1371/journal.pone.0206190.

12. Mesoudi A, editor. *Cultural evolution : how Darwinian theory can explain human culture and synthesize the social sciences*. Chicago: University of Chicago Press; 2011.

13. Dunn F. Traditional Asian medicine and cosmopolitan medicine as adaptive systems. In: Leslie C, editor. *Asian Medical Systems: A Comparative Study*. California: University California Press; 1976. pp 133–158.

14. Kleinman A. Concepts and a model for the comparison of medical systems as cultural systems. *Soc Sci Med*. 1978; 12: 85-93.

15. O'Brien MJ, Lyman NL, Mesoudi A, Vanpool T. Cultural traits as units of analysis. *Philos Trans R Soc B*. 2010; 365: 3797–3806.

16. Nolan J, Robbins M. *Cultural Conservation of Medicinal Plant Use in the Ozarks*. Human Organization: Spring; 1999; 58 (1): 67-72.

17. Vandebroek I, Calewaert J, De Jonckheere S, Sanca S, Semo L, Van Damme P, Van Puyvelde L, de Kimpe P. Use of medicinal plants and pharmaceuticals by indigenous communities in the Bolivian Andes and Amazon. *Bull World Health Org*, 2004; 82: 243-250.

18. Case RJ, Pauli GF, Soejarto DD. Factors in maintaining indigenous knowledge among ethnic communities of Manus Island. *Econ Bot*. 2005;59 (4): 356-36.

19. Saethre EJ. Conflicting traditions, concurrent treatment: medical pluralismo in remote aboriginal Australia. *Oceania*.2007; 77: 95–110.
20. Ragupathy S, Newmaster SG, Murugesan M, Balasubramaniam V, Muneer MU. Consensus of the ‘Malasars’ traditional aboriginal knowledge of medicinal plants in the Velliangiri Holy Hills, India. *J Ethnobiol Ethnomed*. 2008; 4: 1–14.
21. Srithi K, Balslev H, Wangpakapattanawonga P, Srisangac P, Trisonthi C. Medicinal plant knowledge and its erosion among the Mien (Yao) in northern Thailand. *J Ethnopharmacol*. 2009; 123: 335–342.
22. Vandebroek I, Balick MJ. Globalization and Loss of Plant Knowledge: Challenging the Paradigm. *PLoS ONE*; 2012; 7(5): e37643.
23. Belliard JC, Ramírez-Johnson J. Medical Pluralism in the Life of a Mexican Immigrant Woman. *Hispanic J Behav Sci*. 2005; 27 (3): 267-285 doi 10.1177/0739986305278130.
24. Giovannini P, Heinrich M. Xki yoma' (our medicine) and xki tienda (patent medicine)-Interface between traditional and modern medicine among the Mazatecs of Oaxaca, Mexico. *J Ethnopharmacol*. 2009; 121: 383-199.
25. Giovannini P, Reyes-Garcia V, Waldstein A, Heinrich M. Do Pharmaceuticals Displace Local Knowledge and Use of Medicinal Plants? Estimates from a Cross-Sectional Study in a Rural Indigenous Community. *Soc Sci Med*. 2011; 72: 928–936.
26. Giraldi M., Hanazaki N. Use and traditional knowledge of medicinal plants at Sertão do Ribeirão, Florianópolis, Santa Catarina State, Brazil. *Acta Bot Brasilica*. 2010; 24 (2): 395–406.
27. Zank S, Hanazaki N. The coexistence of traditional medicine and biomedicine: A study with local health experts in two Brazilian regions. *PLoS ONE*. 2017; 12(4): e0174731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174731>.
28. Santoro FR, Ferreira Júnior WS, Araújo TA de S, Ladio AH, Albuquerque UP (2015) Does Plant Species Richness Guarantee the Resilience of Local Medical Systems? A Perspective from Utilitarian Redundancy. *PLoS One*. 2015 Mar 20. pii: 10(3):e0119826. doi:10.1371/journal.pone.0119826.
29. Nascimento ALB, Lozano A, Melo JG, Alves RRN, Albuquerque UP. Functional aspects of the use of plants and animals in local medical systems and their implications for resilience. *J Ethnopharmacol*. 2016;194: 348–357.
30. LAMEPE/IMEPE, 2011. <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>, accessed in Nov 2017.

31. Alencar NL, Santoro FR, Albuquerque UP. What is the role of exotic medicinal plants in local medical systems? A study from the perspective of utilitarian redundancy. *Braz J Pharmacogn.* 2014; 24: 506-515.
32. Araújo TAS, Alencar NL, Amorim EL, Albuquerque UP. A new approach to study medicinal plants with tannins and flavonoids contents from the local knowledge. *J Ethnopharmacol.* 2008; 120: 72-80.
33. Ferreira Júnior WS, Ladio AH, Albuquerque UP. Resilience and adaptation in the use of medicinal plants with suspected anti-inflammatory activity in the Brazilian Northeast. *J Ethnopharmacol;* 2011; 138: 238-252.
34. Melo JG, Araújo TAS, Castro VTNA, Cabral DLV, Rodrigues MD, Nascimento SC, Amorim ELC, Albuquerque UP. Antiproliferative activity, antioxidant capacity and tannin content in plants of semi- arid northeastern Brazil. *Molecules;* 2010; 15: 8534-8542.
35. Alencar NL, Araújo TAS, Amorim ELC, Albuquerque UP. The inclusion and selection of medicinal plants in traditional pharmacopoeias - evidence in support of the diversification hypothesis. *Econ Bot.* 2010; 64: 68-79.
36. Bernard HR, editor. *Research methods in anthropology.* 4. Ed. New York: Altamira Press; 2006.
37. Sieber SS, Silva TC, Campos LCO, Zank S, Albuquerque UP. Participatory Methods in Ethnobiological and Ethnoecological Research. In UP Albuquerque, LVFC Cunha, RFP Lucena., RRN Alves, editors, *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology;* New York: Springer. 2014. pp. 39-58.
38. R Development Core Team. *The R Project for Statistical Computing.* 2010. Retrieved from: <https://www.r-project.org/>
39. Starr P. *The social transformation of American medicine.* New York: Basic Books. 1982.
40. Kaptchuk T, Eisenberg D. Varieties of healing: Medical pluralism in the United States. *Ann Intern Med;* 2001; 135(3):189-195.
41. Cavalli-Sforza LL, Feldman M. *Cultural transmission and evolution: A quantitative approach.* Princeton, Princeton University Press. 1981.
42. Boyd R, Richerson PJ. *Culture and the evolutionary process.* Chicago, IL: University of Chicago Press. 1985.
43. Singer M, Baer H. *Introducing medical anthropology: a discipline in action.* AltaMira Press, London, UK. 2012.

44. Greene, S. The shaman's needle: development, shamanic agency, and intermediality in Aguaruna Lands. *Am Ethnol.* 1998; 25 (4): 634-658.
45. Cosminsky S, Scrimshaw M. (1980). Medical pluralism on a Guatemalan plantation. *Soc Sci Med.* 1980; 14B: 267- 278.
46. Calvet-Mir L, Reyes-García V, Tanner,S. Is there a divide between local medicinal knowledge and Western medicine? A case study among native Amazonians in Bolivia. *J Ethnobiol Ethnomed.* 2008; 4: 1-18.
47. Rogers EM, editor. *Diffusion of Innovations.* New York: Free Press. 1996.
48. Rendell L, Fogarty L, Hoppitt WJE, Morgan TJH, Mike M, Webster M.M, Laland KN. Cognitive culture: theoretical and empirical insights into social learning strategies. *Trends Cogn Sci.* 2011; 5 (2): 68-76.
49. Albuquerque UP, Oliveira RF. Is the use-impact on native caatinga species in Brazil reduced by the high species richness of medicinal plants? *J Ethnopharmacol.* 2007; 113: 156-170.
50. Nascimento ALB., Ferreira Júnior WS, Ramos MA, Soldati GT, Santoro FR, Albuquerque UP. Utilitarian Redundancy: Conceptualization and Potential Applications in Ethnobiological Research. In UP Albuquerque, PM Medeiros, A Casas editors; *Evolutionary Ethnobiology.* Springer, New York, NY. 2015; pp. 121-130.
51. Bentley RA, Hahn MW, Shennan SJ. Random drift and culture change. *Proc R Soc B,* 2004; 271: 1443–1450.
52. Mesoudi A, Lycett SJ. Random copying, frequency-dependent copying and culture change. *Evol Hum Behav.* 2009; 30: 41–48.
53. Kempe M, Lycett S, Mesoudi A. An experimental test of the accumulated copying error model of cultural mutation for Acheulean handaxe size. *PLoS One,* 2012; 7(11): e48333.
54. Laland KN. Social learning strategies. *Learn Behav.* 2004; 32: 4-14.
55. Soldati GT, Hanazaki N, Crivos M, Albuquerque UP. Does Environmental Instability Favor the Production and Horizontal Transmission of Knowledge regarding Medicinal Plants? A Study in Southeast Brazil. *PLoS ONE.* 2015. 10(5): e0126389. doi:10.1371/journal.pone.0126389.

## Supporting information

**S1 Table. Descriptive statistics of data used in GLM analysis.**

**S2 Table. Diseases, sharing (citations) and quantity of medicinal plants (MP) for each disease in the two periods of analysis (P1 and P2), sharing of industrialized drugs (ID), incidence and severity of each disease.**

**S3 Table. Medicinal plants cited in the two periods of analysis (P1= period 1; P2 = period 2).**



## **Supporting information**

**S1 Table:** Descriptive statistics of data used in GLM analysis.

Issue	Dependent variable		Independent variable	
Influence of biomedical system on knowledge of local medical system	Increase of number of plants	n=33	Popularity of industrial drugs	n=33
		Min/max: 0/16		Min/max: 1/34
		Mean = 5.0606		Mean = 4.8788
		SD= 4.5753		SD= 6.6884
	Decrease of number of plants	n=23		n=23
		Min/max: 0/28		Min/max: 1/36
		Mean = 6		Mean = 6.5217
		SD= 6.5297		SD= 8.3223
Influence of diseases incidence and severity on selection of medicinal plants over time	Increase of number of plants	n=44	Diseases incidence	n=44
		Min/max: 0/16		Min/max: 0/10
		Mean = 3.9318		Mean = 4.7955
		SD= 3.8844		SD= 2.7583
	Decrease of number of plants	N=40	n=40	
		Min/max: 0/30	Min/max: 0/10	
		Mean = 4.9	Mean = 4.4250	
		SD= 5.3866	SD= 3.0203	
	Increase of number of plants	n=44	Diseases severity	n=44
		Min/max: 0/16		Min/max: 0/10
		Mean = 3.9091		Mean = 5.1364
		SD= 3.8327		SD= 3.7824
Decrease of number of plants	n=40	n=40		
	Min/max: 0/30	Min/max: 0/10		
	Mean = 5.0750	Mean = 5		
	SD= 5.4368	SD= 3.5590		
Influence of diseases incidence and severity on discrepancy of plant composition (similarity) over time	Similarity of plants between two years (for each disease)	n=75	Diseases incidence	n=75
		Min/max: 0/1		Min/max: 0/10
		Mean = 0.6817		Mean = 4.8133
		SD= 0.2344		SD= 2.9302
		n=78	Diseases severity	n=78
		Min/max: 0/1		Min/max: 0/10
		Mean = 0.6828		Mean = 5.3205
		SD= 0.2325		SD= 3.6055
	SD= 8.3223	SD= 6.5297		
Influence of diseases incidence and severity on sharing of information about treatment over time	Increase of number of plants	n= 23	Diseases incidence	n=23
		Min/max: 0/32		Min/max: 1/10
		Mean = 6.1304		Mean = 5.1304
		SD= 7.7536		SD= 2.5638
	Decrease of number of plants	N=59	n=59	
		Min/max: 0/38	Min/max: 0/10	
		Mean = 5.5254	Mean = 4.5085	
		SD= 7.0181	SD= 3.1369	
	Increase of number of plants	n=24	Diseases severity	n=24
		Min/max: 0/32		Min/max: 0/10
		Mean = 6		Mean = 5.4583
		SD= 7.6101		SD= 3.3360

	Decrease of number of plants	n=59		n=59	
		Min/max: 0/38		Min/max: 0/10	
		Mean = 5.5763		Mean = 4.9831	
		SD= 7.0398		SD= 3.8259	
Influence of diseases incidence and severity on number of industrial drugs	Number of industrial drugs cited in period 2	n=97	Diseases incidence	n=97	
		Min/max: 0/17		Min/max: 0/10	
		Mean = 2.2784		Mean = 4.5773	
		SD= 3.6820		SD= 2.8498	
			n=97	Diseases severity	n=97
			Min/max: 0/17		Min/max: 0/10
			Mean = 2.2577		Mean = 5.2165
			SD= 3.7033		SD= 3.7003

**S2 Table:** Diseases, sharing (citations) and quantity of medicinal plants (MP) for each disease in the two periods of analysis (P1 and P2), sharing of industrialized drugs (ID), incidence and severity of each disease.

Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
Abortion	1	5	Abortion	2	2	0	1	10
Open appetite	7	5	Open appetite	2	2	0	5	1
Pulmonary conditions	5	8	Pulmonary conditions	1	1	0	1	7
Renal affections	34	14	Renal affections	24	16	5		7
Uterine disorders	34	24	Uterine disorders	35	21	9	5	7
Tune the blood	16	11	Tune the blood	2	2	0		
Mouth ulcers	5	5	Mouth ulcers	3	5	1	10	1
Alcoholism	1	1	Alcoholism	1	1	0		
Allergy in the skin	31	16	Alergia na pele	23	12	3	9	8
			Something different in belly	1	1	0		
Amoeba	11	2	Amoeba	2	3	0	3	7
Anemia	5	4	Anemia	6	5	1	4	9
Asthma	7	8	Asthma	1	1	0	2	9
			Uric acid	1	1	0		
“Azia”	4	5				0		8
“Bicheira”	3	3				0		
“Boqueira”	2	1	“Boqueira”	2	3	0	2	1
Bronchitis	11	5	Bronchitis	15	19	6	4	4
“Cabeça de prego”	2	3	“Cabeça de prego”	1	1	0	2	3
Hair	1	1	Hair	3	1	1		
			Cramp	1	1	0		
Blood cramp	4	5	Blood cramp	2	4	0	2	5

Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
Soothing	35	11	Soothing	34	10	10	5	1
Cancer	20	12	Cancer	13	12	3	3	10
Tiredness	3	3	Tiredness	6	10	1	5	4
Caries	1	1				0		
Tick	4	4				0	0	0
Dandruff	34	3	Dandruff	19	4	5	4	0
Cataract	1	1				0	6	9
			“Chaga”	1	1	0	0	10
			Chikungunya	5	5	1	8	10
			Blood circulation	2	1	0	7	
“Cisco” in the eye	6	5	“Cisco” in the eye	3	1	1	2	0
Ovarian cyst	2	3				0		9
Itchy head	1	1				0		1
Itchy rectum	1	1				0		
Cholesterol	6	4	Cholesterol	7	8	2	8	10
Children's colic	1	2				0		
Menstrual cramps	16	11	Menstrual cramps	10	10	4	7	1
Congestion	40	32	Congestion	2	2	0	2	9
			Conjunctivitis	1	1	0	1	2
Constipation	10	15	Constipation	10	21	3	3	8
Coryza	1	1				0		
Vaginal discharge	2	4				0	1	6
Court	29	22	Court	24	20	19	10	1
			Deep court	1	2	1		
			“Child with hot leather”	1	1	1		

Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
Leakage	5	5	Leakage	2	1	0	2	10
Dehydration	2	1				0		5
Fainting	1	1				0		
Diabetes	14	9	Diabetes	12	11	2	8	10
Dysentery	39	18	Dysentery	32	28	16	8	2
Diuretic	4	3				0		
Dangerous illness	1	1				0		
Venereal disease	1	1				0		
Bellyache	24	28	Bellyache	27	18	9		2
Headache	23	24	Headache	14	17	4	10	3
Toothache	11	11	Toothache	4	3	1	8	3
Stomachache	2	7	Stomachache	3	3	0	5	5
Sore throat	8	5	Sore throat	26	20	12	9	2
Earache	6	3	Earache	11	4	2	2	3
General pain	30	37	General pain	8	9	2		
Mouth pain	1	1				0		
Back pain	7	10	Back pain	5	6	2	10	8
Leg pain	5	5	Leg pain	2	2	0	8	1
Eye pain	2	2				0		
			Body pain	2	4	0	5	
Numbness	1	1				0		
Numbness of the mouth	1	1				0		
Sexually transmitted disease	1	2				0	1	10
Eczema	2	2				0	1	8
Choke	1	1				0		

Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
Nipple	2	2	Nipple	3	3	0	5	0
Migraine	3	4	Migraine	1	1	0	7	3
Brushing teeth	30	1	Brushing teeth	14	2	8	10	0
Thorn	3	2	Thorn	3	2	1	2	0
			“Esporão de galo”	1	1	0		
Forgetfulness	1	2				0		
Expectorant	31	19				0		9
			Avoiding Baby Sickness	1	1	0		
Muscle fatigue	1	1				0		
			Tooth extraction	10	8	3	2	
Fever	23	15	Fever	13	15	11	9	8
Wound	60	41	Wound	64	40	36	7	6
			Angry wound	1	1	0	1	9
Liver	34	10	Liver	19	4	8	5	6
Fortifier	8	11	Fortifier	3	4	1		
			“Frieira”	2	5	1	5	1
Fungicide	1	1				0		
“Furúnculo”	2	2	“Furúnculo”	1	1	0		
			Gangrene	1	1	0		
“Sick chicken”	1	1				0		
Dry throat	1	1				0		
Gases	19	19	Gases	41	24	16	5	2
Gastritis	23	18	Gastritis	26	22	10	5	9
			Gengivite	1	1	0		
Giardiasis	1	1	Giardiasis	1	1	0	3	7

Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
“Gôgo”	8	8	“Gôgo”	3	5	1		
Flu	71	55	Flu	35	35	17	9	2
Bruise	1	1				0		
Bleeding	3	4	Bleeding	1	1	0	1	10
			Vaginal bleeding	1	4	1		
Hemorrhoid	25	13	Hemorrhoid	20	14	4	7	8
White hemorrhoid	1	1	White hemorrhoid	1	1	0		
Hepatitis	6	10	Hepatitis	4	4	0	2	10
Hérnia	1	2				0	4	9
			“H. pilori”	1	1	0		
Sexual impotence	4	6	Sexual impotence	1	2	0	2	10
Swelling	2	3				0	4	1
Infection	13	11	Infection	6	8	2	4	
			“Cow Childbirth Infection”	1	1	0		
			“Internal infection”	1	1	0		
			Blood infection	1	1	0		
Urinary infection	7	8	Urinary infection	12	10	3	5	7
Inflammation	44	32	Inflammation	16	14	4	5	
						0		
Tooth inflammation	7	6	Tooth inflammation	5	6	2	6	6
			“Inflammation from within”	12	16	1		
			Vaginal inflammation	1	3	0		
Insomnia	19	12	Insomnia	16	10	5	4	1
Intestine trapped			Intestine trapped					
	13	11		6	7	0	5	2



Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
			Lips burst	1	1	0	2	3
			Labyrinthitis	1	2	0		
Leprosy	1	1				0	1	
			Lombriga ( <i>Ascaris lumbricoides</i> )	1	1	0		
“Clean view”	1	1				0		
Malaria	1	1				0	0	
			Parckinson disease	3	2	0	1	9
Bad breath	2	2	Bad breath	1	1	0		
Menstruation	1	1				0		
			“Evil eye”	3	4	0	7	0
“Calango’s bite”	1	1				0		
			Skin spot	2	2	0	5	4
			Delayed menstruation	3	3	1	6	0
Mordida de cobra	28	8	Snake bite	17	8	2	2	10
			Scorpion Bite	1	1	0	7	10
“Murrinha”	1	1	“Murrinha”	1	1	0		
Osteoporosis	1	1				0	3	10
			Obesity	1	1	0		
			Operation	6	7	3	5	7
Blow	11	3	Blow	15	12	5	10	1
			“White cloth”	1	1	0	3	0
Mumps	1	1				0	2	9
For dogs do not go crazy	1	1				0		
Childbirth / expelling placenta	24	10	Childbirth / expelling placenta	15	7	0		
Swollen foot	2	2	Swollen foot	1	2	0		

Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
Cracked foot	1	1				0	9	0
kidney stone	4	3	kidney stone	9	2	0	2	9
“Penadiço”	2	1	“Penadiço”	1	1	0	1	2
			Pereba preta	1	1	1		
Swollen leg	1	3	Swollen leg	3	3	0		
Red leg	1	1				0		
Bug bite	1	1	Bug bite	3	2	0	2	1
Louse	4	3				0	1	0
			Marimbondo bite	1	1	0		
Pneumonia	2	2	Pneumonia	1	1	0	3	9
			Post childbirth	1	4	1	1	
High pressure	4	5	High pressure	15	11	7	8	10
			Low pressure	2	3	1	5	10
			Prevent disease	1	1	0		
			Skin problem	1	4	0		0
View problem	6	4	View problem	4	4	2		
Heart problems	5	4	Heart problems	5	4	1	2	10
Prostate	4	5	Prostate	11	11	0	5	9
Break and drop the tooth	1	1				0		
			Breaking	3	3	0		8
Fall	1	4	Fall	6	5	2		
Loss of hair	3	2	Loss of hair	2	2	0	6	0
Burn	3	3	Burn	1	2	0	3	8
Women medicine	1	1				0		
			Hydrophobia	1	1	0	1	10

Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
Rheum	1	1				0		
Repellent	1	1				0		
“Birth guard”	5	4	“Birth guard”	2	2	0	1	4
			Hangover	1	1	0		
Rheumatism	10	21	Rheumatism	6	9	1	2	3
			Rhinitis	1	1	1		8
Hoarseness	2	2	Hoarseness	6	6	0	7	2
Healthy	1	1				0		
Bleeding from the nose	1	1				0		
Weak blood	1	1	Weak blood	1	1	0		
			Bad blood	1	1	0		
“Sapinho” (candidiasis)	1	1				0		
Measles	1	1				0	1	
Sinusitis	7	7	Sinusite	4	3	1	8	9
“Tapuru de bicheira”	1	1				0		
Remove skin stains	1	1				0		
Dizziness	6	12	Dizziness	3	4	0	6	4
Cough	43	32	Cough	75	48	34	9	4
Cough mad	1	1	Cough mad	4	4	0	1	8
Tuberculosis	7	9	Tuberculosis	4	4	0	0	9
Ulcer	5	2	Ulcer	1	1	1	1	9
Yellow urine	1	1				0		
Urine loose	1	1	Urine loose	4	1	0	4	7
			Urine prey	3	4	0		7
Worm	36	22	Worm	24	16	12	7	1

Diseases (P1)	Sharing (P1)	MP (P1)	Diseases (P2)	Sharing (P2)	MP (P2)	ID	Incidence	Severity
Wart	5	7	Wart	2	2	0	1	0
Vitiligo	1	1					1	
Vomiting	3	3	Vomiting	2	2	1	4	0

**S3 Table** Medicinal plants cited in the two periods of analysis (P1= period 1; P2 = period 2).

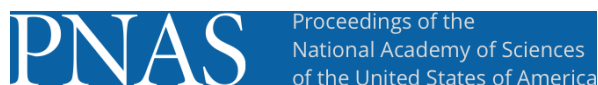
Medicinal Plants	P1	P2	Medicinal Plants	P1	P2	Medicinal Plants	P1	P2	Medicinal Plants	P1	P2
Abacate	X	X	Angico liso	X	X	Cabeça de nego	X	X	Chuchu	X	X
Abacaxi	X	X	Angico preto	X		Cabraíba	X	X	Chumbinho	X	
Acerola	X	X	Anis de mato	X	X	Café		X	Cidreira	X	X
Acônito	X		Araçá	X		Cajá	X	X	Coco	X	X
Alcachofra	X		Araticum	X	X	Cajarana	X		Coco catolé	X	X
Alecrim	X		Ariú	X	X	Caju	X	X	Coentro	X	X
Alecrim de caboclo	X	X	Aroeira	X	X	Caju branco	X	X	Colônia	X	X
Alecrim de caco	X	X	Aroeira branca	X		Caju roxo	X	X	Cominho		X
Alecrim de cheiro	X	X	Arruda	X	X	Caju vermelho		X	Confrei		X
Aleluia	X		Aveloz	X	X	Camomila	X	X	Cordão de frade	X	X
Alface	X	X	Azedinho	X	X	Cana		X	Coroa de frade	X	X
Alfavaca	X	X	Babosa	X	X	Cana de macaco	X	X	Couve	X	X
Alfavaca de cheiro	X		Banana	X	X	Canafístula	X		Craibeira	X	X
Alfazema	X	X	Barbatimão	X	X	Canela	X	X	Cravo branco	X	X
Alfazema de caboclo	X	X	Batata		X	Capeba	X	X	Cumarú	X	X
Algaroba	X	X	Batata de purga	X	X	Capim santo	X	X	Dipirona		X
Algodão	X	X	Berinjela		X	Carambola	X		Endio	X	
Algodão seda	X		Beterraba	X	X	Cardo santo	X	X	Erva doce	X	X
Alho	X	X	Boa noite	X		Carqueja		X	Erva moura	X	X
Ameixa	X	X	Boldo	X	X	Carrapicho	X	X	Espinheiro	X	
Ameixa branca	X	X	Boldo do chile	X	X	Catingueira	X	X	Espinheiro branco	X	X
Amendoim	X	X	Bom dia	X		Catingueira rasteira	X	X	Espinheiro vermelho	X	
Anador	X	X	Bom nome	X	X	Cebola	X	X	Estreico	X	
Angico	X	X	Braúna	X	X	Cebola branca	X	X	Eucalipto	X	X
Angico branco	X	X	Burra leiteira	X		Cedro	X	X	Fava de cobra	X	
Angico de caroço	X		Cabacinha	X	X	Chave de cu		X	Feijão de corda		X

<b>Medicinal Plants</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Medicinal Plants</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Medicinal Plants</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Medicinal Plants</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>
Flor da pedra	X		Japicanga	X		Macambira de rolo	X		Mata pasto	X	X
Fumo de corda		X	Jarrinha	X	X	Macela	X		Mato de banheiro	X	
Gengibre	X	X	Jatobá	X	X	Maconha	X		Mau vizinho	X	
Genipapinho		X	Jericó	X	X	Malva branca	X		Maxixe brabo	X	
Gergelim	X	X	Jerimum		X	Malva rosa	X		Maxixe do pará	X	
Girassol	X	X	Juá	X	X	Malagueta		X	Melancia	X	X
Gogóia	X	X	Jucá	X	X	Mamão	X	X	Melão		X
Goiaba	X	X	Junça	X		Mamão de corda	X		Melão de são caetano	X	X
Goiaba branca	X	X	Jurema	X	X	Mamona	X	X	Mentrasto	X	X
Gramma de riacho	X	X	Jurema branca	X	X	Mandacaru	X	X	Milho		X
Gravatá	X	X	Jurema lisa	X	X	Mandioca	X	X	Milho de urubu	X	
Graviola	X	X	Jurema preta	X	X	Manga	X	X	Militância	X	
Guandú		X	Jurubeba	X	X	Maniçoba	X		Moleque duro	X	X
Guiné	X		Jurubeba vermelha	X		Manjeriçao	X	X	Mororó	X	X
Hortelã	X	X	Laranja	X	X	Manjerona	X	X	Mulungu	X	X
Hortelã da folha grande	X	X	Laranja cravo	X		Manjiroba	X	X	Mussambê	X	X
Hortelã da folha grande e fina	X	X	Limão	X	X	Mão fechada	X	X	Palma	X	X
Hortelã da folha grande e gorda	X	X	Limão grande	X		Maracujá	X	X	Papaconha	X	X
Hortelã da folha miúda	X	X	Limão miúdo	X		Maracujá açú	X		Papaconha branca	X	
Imburana açu	X	X	Lorna	X		Maracujá de estralo	X	X	Papaconha roxa	X	
Imburana "braba"	X	X	Louco	X	X	Maria da costa	X	X	Papoula	X	
Incó	X	X	Louro	X	X	Maria mole		X	Para raio	X	X
Jabuticaba	X	X	Maçã		X	Marmeleiro	X	X	Parreira	X	
Jacatiá	X		Macambira	X		Mastruz	X	X	Pato xulim	X	

Medicinal Plants	P1	P2	Medicinal Plants	P1	P2	Medicinal Plants	P1	P2
Pau d'arco	X	X	Rabo de raposa		X	Unha de gato	X	X
Pau d'arco amarelo	X	X	Rama branca	X	X	Urtiga	X	X
Pau d'arco roxo	X	X	Rasga beijo	X		Urtiga branca	X	X
Pau d'arco vermelho	X		Romã	X	X	Vassourinha	X	X
Pega pinto	X	X	Rosa	X		Vassourinha de botão	X	X
Pepino	X		Sabugueira	X	X	Vega morta	X	
Pereiro	X		Sacatinga		X	Velame	X	X
Piã	X	X	Salambaia	X		Velame branco	X	X
Piã branco	X	X	Salambaia comprida	X		Xambá		X
Piã bravo	X	X	Salambaia de pacote	X				
Piã manso	X	X	Salambaia de tilanga	X				
Piã roxo	X	X	Sassafráz	X	X			
Picão		X	Sena	X	X			
Pimenta	X	X	Sena do mato		X			
Pinha	X	X	Sete dor		X			
Piranha	X	X	Sucupira	X	X			
Pirim	X	X	Tamariana	X				
Pitanga	X	X	Tambor	X				
Pitomba	X		Tanharão	X				
Quebra pedra	X	X	Timpi	X				
Quiabo	X	X	Tomate	X				
Quina quina	X	X	Trapiá	X	X			
Quina quina branca	X	X	Trombeta		X			
Quixaba	X	X	Tuco	X				
			Ubaia	X				
			Umbu	X	X			

## **CAPÍTULO 4: Qual a importância da transmissão vertical na evolução de um sistema médico local?**

Artigo a ser submetido na revista PNAS



### **Qual a importância da transmissão vertical na evolução de um sistema médico local?**

Flávia Rosa Santoro<sup>12</sup>, Leonardo Chaves<sup>12</sup> e Ulysses Paulino Albuquerque<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Ecology and Evolution of Social-ecological Systems, Department of Botany, Federal University of Pernambuco, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brazil..

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

Corresponding author: flaviarsantoro@gmail.com

#### **Resumo**

O presente estudo busca compreender a dinâmica de transmissão de informações sobre cuidados à saúde ao longo do tempo. Utilizamos como estudo de caso um sistema médico local do nordeste brasileiro em uma perspectiva diacrônica, com recorte temporal de oito anos, questionando e complementando achados de estudos anteriores sobre a transmissão de conhecimento, além de alguns pressupostos da evolução cultural. A perspectiva diacrônica e a análise estatística que usamos aqui são fundamentais para confirmar a importância da transmissão vertical na evolução dos sistemas médicos. Descobrimos que, mesmo com a transmissão vertical sendo predominante no aprendizado de informações desse domínio cultural, as implicações evolutivas desse predomínio podem não ser as mesmas que as esperadas pela Teoria da Evolução Cultural. Há uma atualização substancial do conhecimento através das vias horizontais e oblíquas, guiadas principalmente pelo viés de contexto baseado no prestígio e sucesso do modelo a ser copiado, que mostra ser uma característica adaptativa para a evolução de um sistema médico. Além disso, mesmo quando a informação é passada



verticalmente, esta via de transmissão não é tão conservativa como esperado. De fato, há um pequeno conjunto de informações, um núcleo estrutural, que permanece ao longo do tempo, preservando o padrão conservativo, mas muitas informações novas são agregadas continuamente, tornando o sistema preparado para se adaptar a novos eventos. Nosso trabalho é um importante estudo de caso sobre as rotas de transmissão de conhecimento de plantas medicinais que abre uma nova perspectiva sobre as implicações evolutivas da transmissão cultural.

**Palavras-chave:** evolução cultural; vieses de seleção cultural; vias de transmissão cultural; plantas medicinais; estudo diacrônico.

## 1.Introdução

A transmissão cultural é a maneira mais fácil que os seres humanos podem adquirir uma ampla gama de conhecimentos, crenças e comportamentos sobre o meio ambiente e a cultura em que vivem [1]. A maioria dos estudos que focam nas vias e vieses de transmissão cultural em diferentes domínios mostra que a transmissão vertical predomina sobre a transmissão horizontal e oblíqua, especialmente em características ligadas a tradições e questões de sobrevivência, como a medicina local [2,3,4,5]. No entanto, a sobrevalorização da transmissão por via vertical tem sido objeto de forte crítica metodológica [6,7] e um estudo estatístico diacrônico pode ajudar a contornar tais problemas metodológicos e clarificar as verdadeiras vias de transmissão ao longo do tempo, revelando possíveis vieses de seleção cultural. O presente estudo enfoca na compreensão da dinâmica de transmissão das informações sobre a medicina local, particularmente plantas medicinais. Utilizamos um recorte temporal de oito anos em conjunto com análises sincrônicas para estimar vieses e caminhos de transmissão que guiam a evolução cultural de um sistema médico local.

Ao buscar sobre como e de quem aprender novas informações, as pessoas pesam, consciente ou inconscientemente, os ganhos potenciais na cópia de uma pessoa específica (seu modelo) contra os custos de acesso a essa pessoa [1]. Evidentemente, a transmissão vertical pode ser adaptativa nos primeiros anos da vida de um indivíduo [2,3,4,8,9,10,11,12,13], quando qualquer conhecimento é novo, o acesso aos pais é o menos custoso, e os indivíduos têm pouco a ganhar com outros modelos mais

especializados. No entanto, ao longo de seu desenvolvimento, as pessoas podem atualizar as informações aprendidas verticalmente, buscando modelos mais direcionados ao tipo de informação buscada, a partir das vias horizontal e oblíqua [14]. Tais modelos podem ser escolhidos aleatoriamente ou devido ao sucesso que eles têm em um domínio cultural particular, ao seu gênero, idade e/ou similaridade com o aprendiz, entre outras características que podem influenciar a seleção de modelos. Alguns estudos mostraram que seguir o sucesso e o prestígio é a maneira mais adaptativa para copiar informações, pois geralmente modelos de grande sucesso detêm as informações mais ajustadas sobre determinado domínio cultural [14,15].

De acordo com a Teoria da Evolução Cultural, em sistemas culturais nos quais a transmissão vertical é a rota predominante, a resposta evolutiva a perturbações é mais lenta do que se as vias oblíqua e horizontal substituíssem a via vertical ao longo do tempo [4,16]. Ao tratar de um sistema médico, respostas mais lentas poderiam ser altamente desvantajosas em um ambiente no qual novas doenças podem aparecer. Um cenário de predomínio de transmissão vertical resultaria em uma alta variação de conhecimento entre as pessoas da mesma população, além de uma baixa aceitação de inovações [4,16].

Com base nesses pressupostos, embora muitos estudos já tenham mostrado que a via de transmissão sobre as plantas medicinais é predominantemente vertical [2,3,4,5], propomos aqui que deve haver uma substituição dessa via de transmissão ao longo do tempo, proporcionando respostas evolutivas mais rápidas e tornando este tipo de conhecimento mais homogêneo na população. Podemos verificar essa substituição através da diminuição da similaridade entre pais e filhos e do aumento da similaridade entre pessoas e seus modelos favoritos ao longo do tempo. Conhecer os padrões de transmissão do conhecimento médico nos permite inferir sobre a velocidade das respostas evolutivas de um sistema médico local (muito mais rápido se há a substituição pelas vias horizontal e oblíqua) e os vieses culturais que guiam sua evolução.

Em uma análise mais profunda sobre as implicações evolutivas da transmissão vertical versus horizontal e oblíqua, alguns autores argumentam que uma mesma via pode esconder fenômenos não esperados pelos modelos matemáticos da evolução cultural. Por exemplo, Aunger [6] sugere que “as crianças podem não aprender o que seus pais aprenderam quando eram jovens (dos avós), mas o que os pais ouviram de alguém de fora da família mais recentemente.” Se isso acontece, a transmissão vertical

não é tão conservativa quanto o esperado pelos modelos matemáticos, e resultam em um sistema cultural mais homogêneo. Baseando-se principalmente neste argumento de Aunger [6], Soldati e Albuquerque [17] propõem que, eventualmente, um traço cultural que é transmitido de pais para filhos tem uma origem em pares não parentais. Nessa circunstância, a via vertical de uma geração teria origem na via horizontal ou oblíqua da geração passada, não sendo conservativa ao longo do tempo, o que os autores chamam de via vertical difusiva [17].

A partir das questões apresentadas, utilizando um sistema médico local do nordeste brasileiro analisado nas perspectivas sincrônica e diacrônica, objetivamos com este trabalho responder às seguintes questões:

1. As pessoas aprendem sobre plantas medicinais principalmente através da via vertical? Com essa pergunta, queremos saber se o que as pessoas dizem sobre a aprendizagem, principalmente indicando que aprendeu com os pais, reflete uma real similaridade maior de conhecimento entre pais e filhos em comparação à semelhança com outras pessoas.

2. Ao longo de suas vidas, as pessoas atualizam as informações aprendidas verticalmente, através de modelos fora da família (vias horizontal e oblíqua)? Queremos também verificar se a similaridade de conhecimento entre cada pessoa e o seu modelo indicado aumenta ao longo do tempo enquanto a similaridade entre essas pessoas e seus pais diminui.

3. O viés do modelo baseado em sucesso ou prestígio supera outros vieses de modelo na transmissão de informações sobre plantas medicinais? Esperamos que os modelos mais indicados pela população sejam aqueles percebidos como as pessoas de prestígio na comunidade ou sucesso no domínio de plantas medicinais. Também esperamos que as pessoas indicadas como modelos tenham maior conhecimento de plantas medicinais em relação ao resto da população, como indicativo de seu maior sucesso nesse domínio.

4. A transmissão vertical de traços culturais é puramente conservativa ou tem eventos difusivos? Espera-se que a frequência de informações relacionadas a plantas medicinais de origem difusiva (vertical em uma geração, mas horizontal em outra) seja igual ou maior que a frequência de informações puramente conservativa (vertical em mais de uma geração).

## **2. Material e métodos**

### **2.1. O sistema médico local**

O sistema médico local investigado localiza-se na comunidade rural de Carão, no município de Altinho (posição geográfica em 8 ° 29 ' 32 ' ' S; 36 ° 03 ' 03 ' ' W), na mesorregião agreste de Pernambuco, Brasil. A região é coberta por vegetação arbórea hipoxerofítica com espécies decíduas e semidecíduas, o que a qualifica como um ecossistema da Caatinga. O clima é semi-árido, de acordo com a estação meteorológica de Caruaru (a 60 km de Altinho) e a temperatura média anual é de 23°C [18].

A população local é pequena, com cerca de 100 habitantes, de acordo com informações fornecidas pelos próprios moradores e pelo centro de saúde. Alguns dos jovens da comunidade migraram para as grandes cidades do Brasil, como São Paulo, e acabam visitando as famílias em Carão. A principal atividade de subsistência é o cultivo de milho, feijão e mandioca, tarefas que são realizadas igualmente por homens e mulheres, sem divisão de trabalho. A maior parte da população adulta não tem mais de 5 anos de educação formal ou é analfabeta. No entanto, há uma escola primária no Carão, enquanto a educação para crianças mais velhas é oferecida no centro de Altinho. O Carão fica a 16 km do centro de Altinho, onde o acesso é feito por estrada de mão única em caminhão, que oferece transporte diariamente às 7h - da comunidade ao centro de Altinho - e às 12h - do centro de Altinho até a comunidade.

A comunidade de Carão foi alvo de muitos estudos etnobiológicos desde 2007, envolvendo o conhecimento e o uso de plantas para a colheita de madeira, alimento e medicamento [19,20,21,22,23]. Seu sistema médico foi reconhecido em todos esses estudos como sendo primariamente baseado em plantas medicinais, cujo conhecimento é transmitido oralmente. O Carão também tem um Centro de Saúde que recebe visitas semanais de uma enfermeira, que é residente da comunidade, que eventualmente recomenda plantas medicinais aos pacientes, assim como medicamentos industriais.

Em estudos anteriores realizados por nosso grupo, a comunidade reconheceu cerca de 150 alvos terapêuticos (doenças reconhecidas localmente), incluindo muitos com início recente, não reconhecidos antes dos últimos 5 anos, como Chikungunya, Zyka e alguns tipos de câncer. Todos esses alvos terapêuticos têm alguma forma de tratamento com plantas medicinais, de acordo com citações locais. Existem algumas pessoas reconhecidas localmente como especialistas em saúde, entre elas uma parteira (Moradora A) que relata ter assistido o nascimento de quase toda a comunidade, um

fazendeiro (Morador B) com grande conhecimento da mata nativa, e a filha de um conhecido curandeiro (Moradora C), conhecida localmente como uma bruxa.

## **2.2. Aspectos éticos e legais e desenho experimental**

De acordo com a legislação vigente (Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde), todas as pessoas que aceitaram participar da pesquisa foram convidadas a assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando a coleta, utilização e publicação dos dados obtidos neste estudo. A pesquisa também foi aprovada pelo comitê de ética da Universidade de Pernambuco (UPE) - registrado com o n. CAAE: 64811715.3.0000.5207

Este estudo foi realizado em dois períodos distintos: o primeiro entre janeiro e junho de 2007 (período 1) e o segundo entre junho de 2015 e fevereiro de 2016 (período 2). Os pesquisadores que coletaram os dados no período 1 foram contatados antes que a coleta de dados do período 2 fosse iniciada, para que os mesmos procedimentos metodológicos fossem adotados, que serão detalhados a seguir. A pesquisa incluiu todas as pessoas com mais de 18 anos nos dois períodos (censo): 104 pessoas no período 1, com 68 mulheres e 36 homens de 18 a 90 anos, e 99 no período 2, com 51 mulheres e 48 homens, de 19 a 88 anos; das quais 63 pessoas participaram dos dois períodos.

O conhecimento local das plantas medicinais foi obtido através de entrevistas semiestruturadas [24], que começaram com a técnica da lista livre [24], ou seja, os informantes foram solicitados a listar as plantas medicinais com as quais estavam familiarizados. Nas entrevistas, os informantes foram questionados sobre cada doença que cada planta citada tratava. No período 2, também perguntamos de quem eles aprenderam sobre cada planta e de quem eles pediriam ajuda se tivessem que tratar uma doença desconhecida, e o porquê da sua escolha. Esta última questão teve como objetivo acessar o modelo preferido para busca de informações sobre o cuidado em saúde e a razão para isso, o que pode revelar a influência do gênero, idade, familiaridade, sucesso e prestígio do modelo escolhido. De acordo com Henrich e Broech [14], perguntar aos informantes sobre que pessoa eles buscariam para obter informações culturais evita os vieses de memória apresentados em outros métodos, como recordar a aprendizagem passada.

Neste estudo, usamos a classificação local de plantas e alvos terapêuticos, portanto, padronizamos a terminologia local dessas variáveis. Procuramos ajuda de especialistas locais para garantir que alguns nomes fossem considerados sinônimos dentro da comunidade, como “imburana açu” e “imburana de cheiro”.

### **2.3. Análise de dados**

Com os dados das entrevistas sobre com quem os informantes aprenderam sobre cada planta citada, classificamos as vias de transmissão existentes no aprendizado de plantas medicinais de acordo com a perspectiva dos próprios informantes. Assim, consideramos como transmissão vertical toda informação aprendida com pais ou avós e horizontal/oblíqua, quando aprendida com outras pessoas na comunidade. Além disso, algumas pessoas relataram descobrir sobre o uso de uma determinada planta por si mesmas, o que classificamos como inovação.

Com as respostas sobre que pessoa cada informante procuraria para tratar uma doença ou para aprender sobre plantas medicinais, pudemos listar os principais modelos conscientemente escolhidos para copiar e a razão para essa escolha. De cada resposta, após repetidas análises das entrevistas, os modelos foram classificados como: baseado na idade, quando as pessoas escolheram copiar outras pessoas devido à idade (por exemplo, pessoas ligadas ao tempo “mais antigo”); familiaridade, se o motivo da escolha fosse ser da mesma família ou de uma pessoa próxima (com respostas como “tenho confiança nessa pessoa” ou “é minha irmã que mora perto”); e sucesso e/ou prestígio, quando o modelo era indicado por um grande conhecimento em plantas medicinais (como “essa pessoa é mais experiente com plantas”) ou um alto prestígio na comunidade, independentemente se o prestígio estivesse relacionado ao seu conhecimento de plantas medicinais (como “ela tem conhecimento geral). Essas classificações buscaram seguir, embora de maneira subjetiva, o que apresentam Rendell et al. 2011 sobre vieses de modelo. Não conseguimos separar o viés de prestígio do viés de sucesso, pois percebemos que as pessoas muitas vezes indicavam um modelo de grande prestígio e não mencionavam seu conhecimento sobre plantas medicinais, embora parecesse claro que seu prestígio provinha de um grande conhecimento botânico local (ver [1] e [14] para mais informações sobre as diferenças entre viés de prestígio e sucesso).

Com dados da lista livre, organizamos matrizes de presença e ausência de citações de plantas medicinais para cada informante nos dois períodos de análise. Com o objetivo de quantificar a similaridade de plantas conhecidas entre as pessoas nas comunidades, usamos essas matrizes para obter o índice de similaridade com o coeficiente de Jaccard nos dois períodos. Para verificar se as pessoas aprenderam sobre plantas medicinais principalmente por via vertical, comparamos o valor de semelhança entre as pessoas e seus pais ( $n = 23$ , limitado àqueles que tinham pais na comunidade) com o valor médio de similaridade dessas mesmas pessoas com o restante da população, usando o teste t. Fizemos essa análise com o n de pares pais-filhos do período 2, porque no período 1 havia apenas 8 pessoas cujos pais estavam vivos ou morando no Carão. Além disso, com as respostas de quem eles aprenderam sobre cada planta, nós quantificamos as vias de transmissão de acordo com suas próprias percepções no período 2. Nós comparamos o número de cada rota de transmissão (vertical versus horizontal ou oblíqua) com o teste do chi-quadrado.

Para verificar se a similaridade entre as pessoas e seus pais diminuiu com o tempo, evidenciando uma possível substituição da via vertical pela horizontal ou oblíqua, utilizou-se o teste t para comparar o valor das similaridades dos pares pais-filhos entre os dois períodos ( $n = 8$ , limitado para pessoas cujos pais estiveram presentes nos dois períodos de análise). Se os valores de similaridade entre pais e filhos são significativamente menores no período 2 em relação ao período 1, as informações vindas pela via vertical perdem importância na memória das pessoas, sendo possivelmente substituídas informações de outras fontes. Fizemos o mesmo procedimento para comparar os valores das semelhanças entre as pessoas e seus modelos favoritos, o que evidencia se a transmissão do conhecimento é substituída ao longo do tempo pela transmissão horizontal ou oblíqua com viés de contexto baseado no modelo. Da mesma maneira, se a similaridade entre as pessoas e seus modelos são maiores no período 2 em relação ao período 1, os modelos preferidos estão sendo cada vez mais valorizados ao longo do tempo em detrimento ou não do que se aprende com os pais. Realizamos este teste com as 8 pessoas consideradas na análise entre pais e filhos, para que pudéssemos comparar os resultados das duas análises, mas também utilizamos o n de 42 pessoas, que se refere a todas as pessoas que escolheram um modelo e que estavam presentes nos dois períodos de análise, como forma de complementar esse resultado.

Para responder se o viés do modelo baseado no sucesso e/ou prestígio supera outros vieses de modelo na transmissão de informações sobre plantas medicinais, pelo menos de acordo com o auto relato das pessoas, quantificamos as vezes em que as pessoas indicaram um modelo de cópia baseado em nossa classificação de acordo com suas respostas (idade, familiaridade e sucesso ou prestígio). Comparamos as respostas com o teste de chi-quadrado. Assumimos que as avaliações subjetivas dos moradores sobre prestígio e sucesso são bastante precisas [25], mas também verificamos o número de unidades de informação (o binômio planta medicinal-doença tratada) citadas pelos modelos escolhidos, como indicativo de seu sucesso no domínio cultural de plantas medicinais.

Para testar se a transmissão vertical é puramente conservativa ou se tem eventos difusivos, primeiro verificamos se as informações sobre plantas medicinais relatadas como aprendidas dos pais, foram também citadas pelos pais. Aqui nosso n foi 21, limitado às pessoas que relataram ter aprendido informações de pais e cujos pais estavam presentes na comunidade no período 2. Entre as plantas medicinais que foram citadas pelos filhos e confirmadas pelos pais, verificamos se os pais também indicaram que haviam aprendido essas informações com seus próprios pais, indicando a via vertical conservativa. Comparamos com o teste chi-quadrado o número de vezes que eles (os pais) indicaram ter aprendido com seus próprios pais (conservativa), com o número de vezes que eles indicaram terem aprendido da transmissão horizontal ou oblíqua, indicando uma transmissão vertical difusiva. Para essa análise, portanto, nos baseamos somente no auto relato, o que nos dá uma limitação sobre os resultados, pois muitas vezes o auto relato pode maximizar a importância da transmissão vertical [6,7], como mencionamos anteriormente.

Todas as análises foram feitas usando o software R, versão 3.5.1 [26].

### **3. Resultados**

As pessoas mencionaram 233 plantas medicinais no período 1 e 190 no período 2 (162 foram mencionadas nos dois períodos, ver material suplementar, Tabela 1). Houve 908 citações de aprendizagem por via vertical e 733 por horizontal ou oblíqua. Em 300 citações de uso de plantas, as pessoas não podiam se lembrar com quem eles aprenderam. Houve 37 citações caracterizadas como inovações, quando as pessoas



disseram que descobriram sobre o uso de uma determinada planta por si mesmas. Assim, o número de citações auto relatadas sobre com quem os informantes aprenderam o que sabem aponta um número significativamente maior de transmissão vertical ( $\chi^2 = 18,662$ ,  $p = 1,56e-05$ ).

Ainda sobre a questão da transmissão vertical, pelo teste t, verificamos que a média de similaridade de conhecimento entre pais-filhos é maior que a média de similaridade entre estes mesmos filhos e os demais membros da comunidade ( $n = 23$ ;  $t = -3,2253$   $p = 0,003893$ ). A similaridade média de pais-filhos foi de 0,204174 com DP = 0,099409 e a similaridade média de filhos-outros membros da população foi de 0,1402154 com DP = 0,04228383. Esse resultado reforça que a via vertical pode ser a principal fonte de aprendizado das plantas medicinais, uma vez que as pessoas possuem maior similaridade de conhecimento com seus pais do que com outras pessoas.

Ao verificar se a similaridade entre as pessoas e seus pais diminui ao longo do tempo, não encontramos resultados significativos ( $t = -0,01038$ ;  $p$ -valor = 0,9919), mostrando que a semelhança entre pais e filhos pode ser mantida ao longo do tempo, e não diminuída gradualmente. A semelhança média dos pais-filhos no período 1 foi de 0,20825, com DP = 0,06812122, e a similaridade média dos pais-filhos no período 2 foi de 0,208625 com DP = 0,0713409. Verificamos também que a similaridade entre as pessoas ( $n=8$ , as mesmas analisadas com relação aos seus pais) e seus modelos preferidos foi maior no tempo 2 em relação ao tempo 1 ( $t = -2,2644$ ;  $p = 0,0262$ ), mostrando que o conhecimento das pessoas se torna mais semelhante a seus modelos preferidos ao longo do tempo. A semelhança média de pessoas-modelos no período 1 foi de 0,1547143 com DP = 0,06876588 e a média de similaridade de pessoas-modelos no período 2 foi de 0,1900238 com DP = 0,07405057. Ou seja, as pessoas aprendem com seus modelos favoritos ao longo do tempo, mas retêm o que aprenderam com seus pais.

Verificamos que as pessoas optaram por escolher seus modelos prioritariamente devido ao prestígio ou sucesso ( $\chi^2 = 29.429$ ;  $p = 4.071e-07$ ), uma vez que citaram esse motivo 64 vezes: pessoas conhecidas como "mais experientes com plantas", com maior "conhecimento geral", ou especificamente porque sabem sobre medicina e plantas medicinais, sendo referências como curandeiros, parteiras ou trabalhando no centro de saúde. A justificativa "idade" foi mencionada 28 vezes; e o razão "familiaridade", 20 vezes. Algumas pessoas indicaram mais de um modelo, com diferentes justificativas, e

outros disseram que não confiavam em ninguém para esse tipo de informação (ver material suplementar, Tabela 3). Não houve justificativa de modelo escolhido por sexo, gênero, etnia ou escolaridade.

Entre os 37 modelos citados (em 134 citações), os mais citados foram a Moradora A (77 anos) e o Morador B (57 anos), que foram mencionados 23 e 25 vezes e conhecem um total de 58 e 92 unidades de informações sobre plantas medicinais, respectivamente (ver material suplementar, Tabelas 2 e 3). Um informante, que denominaremos Morador D (28 anos) é o maior conhecedor de plantas medicinais no período 2, citando 109 unidades de informação, mas não foi mencionado por ninguém como modelo. No período 1, Morador D conhecia 44 unidades de informação, mostrando pouco conhecimento. Moradora A e Morador B conheciam 81 e 80 unidades de informação, ficando em 2º e 3º lugar entre aqueles que citaram mais informações sobre plantas, atrás apenas da Moradora C (68 anos e 170 unidades de informação), que foi citada como modelo apenas três vezes (ver material suplementar, tabelas 2 e 3). Este resultado mostra que a escolha por quem aprender parece seguir o sucesso do modelo no domínio de plantas medicinais, uma vez que os modelos mostraram ser os mais conhecedores.

Entre as pessoas que tinham pais na comunidade, houve 160 citações auto relatadas de plantas aprendidas verticalmente e, dentre essas 160 citações, apenas 86 foram citadas pelos pais. Entre as 86 comuns aos pais e filhos, apenas em 49 citações os pais relataram ter aprendido também com os pais, evidenciando a via vertical conservativa. Em 37 citações, os pais relataram ter aprendido de outras fontes, por via horizontal ou oblíqua, evidenciando a rota vertical difusiva. Não observamos diferença significativa entre o número de citações puramente conservativas e a informação proveniente de vias difusivas ( $\chi^2 = 1,6744$ ,  $p = 0,1957$ ). Ressaltamos que as 49 citações de aprendizado por via vertical conservativa envolveram apenas 20 plantas (ver material suplementar, Tabela 4) e 14 delas estavam entre as 20 plantas medicinais mais comuns (mais populares) nos dois períodos de análise. Todas estas plantas estão entre as 50 mais populares (de um n de 235 e 191 plantas em cada período).

#### 4. Discussão

A partir da percepção pessoal sobre com quem adquirem conhecimento sobre plantas medicinais, as pessoas relataram aprender principalmente por via vertical, como apontam a maioria dos estudos nesse tema [2,3,4,5]. No entanto, Aunger [6] argumenta que há vieses quando se pergunta diretamente às pessoas sobre com quem aprenderam os conhecimentos que possuem. Em geral as pessoas sobrevalorizam a influência dos pais, especialmente se os pais são figuras normativas de autoridade para o domínio cultural em questão. Em nosso estudo de caso, contudo, parece não existir uma norma em que o conhecimento da planta medicinal deva ser adquirido especificamente dos pais.

Para contornar esse possível viés, como Aunger [6], complementamos os dados de auto relato sobre aprendizagem com análise estatística de semelhança cultural e vimos que, mesmo que exista uma supervalorização do papel dos pais quando perguntamos diretamente aos informantes, de fato o conhecimento das pessoas sobre as plantas é mais semelhante com o dos pais do que com o resto da comunidade. Esses dois resultados combinados permitem corroborar com os resultados de estudos anteriores sobre a transmissão de conhecimento sobre plantas medicinais [2,3,4,5], ou seja, a transmissão sobre a medicina local ocorre principalmente pela via vertical.

Além disso, de acordo com as respostas das entrevistas, a transmissão ocorre principalmente com um escopo de “um para um” (ver [7]), já que poucas pessoas citaram o aprendizado da mídia ou de grupos comunitários. A transmissão vertical e a transmissão com o escopo “um a um” promovem uma situação que inibe a difusão de inovações e a diversificação do conhecimento dentro do grupo, tornando a evolução cultural bastante conservativa [7]. A evolução cultural conservativa é favorecida em ambientes estáveis [7,10], e refletiria um sistema médico com respostas lentas a novas doenças. No entanto, nosso estudo de caso não parece mostrar que o sistema médico está em um ambiente tão estável, com respostas lentas a distúrbios. As pessoas do Carão já sabem como tratar doenças relativamente novas, com menos de 5 anos de incidência, como Zyka e Chikungunya, com plantas medicinais. Além disso, de acordo com Henrich e Henrich [27], se o sistema cultural está em equilíbrio em ambientes estáveis, os aprendizes não atualizariam as informações aprendidas de seus pais, porque os pais

saberiam todas as informações apresentadas no sistema e compartilhadas por todos os outros.

Ao contrário, em nosso estudo, vimos que a transmissão vertical provavelmente ocorre nas primeiras fases de desenvolvimento do indivíduo, dentro da família. Não temos dados sobre o conhecimento das crianças, mas na idade adulta as informações sobre a medicina local são adquiridas de outras fontes: nossa análise mostrou que o que as pessoas aprendem com os pais permanece ao longo do tempo (não houve diminuição na similaridade pais-filhos entre os períodos), mas as pessoas aumentam seu conhecimento ao longo do tempo a partir de outras fontes fora da família. Esse achado, embora não esteja tratando diretamente da infância, corrobora o que estudos em outros domínios culturais propõem, de os primeiros estágios de desenvolvimento são críticos para o aprendizado [4,8,12,13], e após esses estágios, a atualização do conhecimento acontece de maneira mais lenta. Nosso estudo estende essa conclusão para o domínio dos cuidados à saúde.

O conhecimento aprendido durante esse primeiro estágio corresponde a informações básicas e elementares para a sobrevivência [4,6], e podemos chamar esse conhecimento de núcleo estrutural (ver [28]). As plantas no núcleo estrutural tenderiam a ser transmitidas prioritariamente, pois contêm as informações adaptativas necessárias às necessidades terapêuticas de um sistema médico, e os conhecimentos a elas associados seriam então mais conservativos [28]. Essas características no núcleo estrutural podem explicar porque o conhecimento aprendido com os pais se mantém ao longo do tempo, e não diminui, como esperávamos.

No entanto, o grau de confiança na transmissão vertical deve diminuir ao longo do tempo à medida que o número de fontes alternativas de informação cultural aumenta [6]. O reconhecimento de que alguns membros da comunidade são grandes referências no domínio cultural da atenção à saúde leva as pessoas a copiar informações de outros modelos que não estão dentro do núcleo familiar. Realmente, nossos resultados mostraram que as pessoas se mostram mais próximas do conhecimento dos modelos favoritos ao longo do tempo, revelando uma estratégia de cópia adaptativa. Ou seja, apesar de a maioria dos conhecimentos vir dos pais, há uma atualização significativa desse conhecimento ao longo da vida, e o processo de atualização com outros modelos apenas aprimora o conhecimento adquirido anteriormente pelos pais [14]. Nosso trabalho mostra esse fenômeno de atualização acontecendo ao longo do tempo.

Sobre esse fenômeno de atualização, Henrich e Broech [14] propõem que o sucesso e o prestígio podem ser a principal pista para as pessoas quando aprendem sobre outros domínios culturais, mas especificamente não sobre plantas medicinais. A razão da exceção nesse domínio é que o sucesso com tratamento de doenças é relativamente ruidoso. Em outros domínios, como agricultura, por exemplo, é fácil para um aprendiz quantificar quem é o maior produtor na população, basta ver o tamanho de sua produção ou a qualidade de seus produtos, e então usar essa pessoa como modelo de grande sucesso a ser copiado na intenção de ter uma boa plantação. No entanto, é muito difícil para um aprendiz verificar qual é o maior conhecedor de plantas, já que esse conhecimento nem sempre é visível, e nem mesmo a eficiência com que uma pessoa cura doenças é facilmente percebida [14]. De acordo com a ideia proposta pelos autores, se é difícil ou impossível saber quem é o maior conhecedor das plantas medicinais, a idade seria indicada mais frequentemente do que o sucesso como sugestão de um bom modelo, e foi exatamente isso que encontraram.

Apesar dessa ressalva com plantas medicinais, esses autores descobriram que acreditar que alguém está entre os mais bem informados sobre plantas medicinais aumenta suas chances de seleção como modelos em até 25 vezes [14]. Esse sucesso com plantas medicinais ou prestígio de maneira geral foram as principais pistas que influenciaram os informantes ao optar por copiar de um modelo específico em nosso estudo, ou seja, as pessoas escolhem como modelos pessoas que eles acham que são as maiores conhecedoras neste domínio. A idade foi o segundo fator mais citado, e consideramos também como um viés adaptativo, pois pessoas mais velhas têm maior experiência de vida, o que inclui maior experiência no tratamento de doenças, sabendo discernir entre os melhores meios de tratamento. Outros trabalhos mencionaram que quanto maior a idade, maior o conhecimento sobre plantas medicinais [29,30] e já foi proposto que o viés de modelo baseado na idade se trata na verdade de um viés baseado em prestígio indireto, uma vez que os idosos recebem deferência em muitas sociedades e domínios, tendo, portanto, maior prestígio [1].

Além disso, independentemente do auto relato do informante sobre o motivo da preferência do modelo, as pessoas mais indicadas como modelos realmente são as mais bem informadas sobre esse domínio cultural, com apenas duas exceções. Essas exceções merecem atenção: a baixa citação da Moradora C, que apresenta maior conhecimento sobre tratamento de plantas no período 1, e a ausência de citação do

Morador D, que mostrou mais conhecimento no período 2. Sobre a Moradora C, sabemos através de nossas observações de campo que a comunidade tem uma forte influência do cristianismo, e o fato de ela ser filha de um curandeiro e ser chamada muitas vezes de bruxa, faz com que as pessoas evitem falar sobre ela. Sobre o Morador D, percebemos que após a primeira visita do grupo de pesquisa no período 1, quando ele se envolveu muito com os pesquisadores, procurou ampliar seus conhecimentos sobre os temas abordados em nossa pesquisa, principalmente sobre o tema das plantas medicinais. Isso pode ser visto no grande aumento de seu conhecimento entre os dois períodos. O morador D provavelmente fez sua pesquisa e aumentou seu conhecimento sobre o assunto sem comentar com outras pessoas da comunidade. Somando-se a isso o fato de que ele é muito jovem, e o efeito da idade mencionado acima, provavelmente poucas pessoas sabiam de seu grande conhecimento no campo das plantas medicinais.

Assim, nossos resultados mostram que as pessoas realmente copiam do modelo que é o mais bem informado sobre tratamentos com plantas medicinais (de maior sucesso). O domínio cultural aqui analisado está diretamente ligado à sobrevivência, e as pessoas podem ter grande cuidado ao copiar esse tipo de informação. Não vimos se essas pessoas indicadas têm as informações mais eficientes sobre o tratamento de doenças, e não sabemos a acurácia de cada tratamento citado, portanto, não podemos garantir se as informações copiadas são adaptativas ou mal adaptativas. Fizemos nossa análise com base apenas na quantidade, não na qualidade da informação, mas podemos supor que as pessoas medem a também qualidade das informações ao escolher um modelo. As exceções de pessoas que são grandes conhecedoras, mas não foram citadas como modelos (uma pessoa que é considerada uma bruxa e uma pessoa muito jovem), podem retratar que a população não confia nessas pessoas como modelos, mesmo que elas conheçam um grande número de plantas, mostrando indiretamente que pode haver um crivo qualitativo, e não apenas quantitativo, ao se escolher o modelo de cópia.

Podemos concluir que o sistema médico local é construído principalmente a partir de informações provenientes dos pais, mas que a atualização com modelos de sucesso é fundamental para adaptar o sistema a novos cenários, como o surgimento de novas doenças. No entanto, complementando esses achados, descobrimos que, mesmo entre os conhecimentos transmitidos exclusivamente pelos pais, apenas uma parte é feita de forma conservativa, ou seja, nem todas as informações que as crianças aprenderam dos pais vieram diretamente dos pais de seus pais em um processo de

transmissão vertical conservativa. Parte do conhecimento transmitido pelos pais aos filhos foi aprendida com alguém de fora da família, através da transmissão vertical difusiva, corroborando o que propõem Auger [6] e Soldati e Albuquerque [17]. A consequência deste achado é que verificamos que a transmissão vertical não é tão conservativa quanto é proposto pelos modelos de evolução cultural.

Outro resultado curioso de nosso estudo é que, quando analisamos somente o conjunto de plantas medicinais que passaram pela via vertical conservativa ao longo das gerações, encontramos um pequeno conjunto de plantas, que na verdade são as plantas mais populares no sistema médico. De acordo com as implicações evolutivas da transmissão cultural, esperaríamos que a transmissão vertical promovesse a heterogeneidade no sistema médico [4,16,31], uma vez que o conhecimento de cada família permanece dentro da família, não sendo compartilhado com outros membros da população. Nossos achados mostram que a informação transmitida por via vertical conservativa (pelo menos nas duas gerações estudadas), é na verdade a parte que mais homogeneiza a população, sendo transmitido dentro de cada família o conhecimento mais popular da população total.

Podemos associar novamente este achado com o núcleo estrutural: baseados nas ideias de Nairne et al. [32,33] sobre a memória adaptativa, Ferreira Junior e Albuquerque [28] propõem que as plantas com maior consenso na população representam um núcleo estrutural responsável pela estrutura e funcionamento de todo o sistema médico. As plantas no núcleo estrutural devem ser muito populares e aprendidas entre as novas gerações, principalmente devido à sua importância local e, portanto, são menos suscetíveis à substituição ao longo do tempo.

Mesmo com nossos resultados apontando para um sistema médico construído principalmente com o conhecimento aprendido dos pais, vimos essa via não inibe a difusão de inovações e a diversificação do conhecimento. Novas informações, aprendidas pelos pais com transmissão horizontal ou oblíqua, são transmitidas às crianças por transmissão vertical e podem refletir novos desafios ambientais e culturais. Isso reforça que o sistema médico analisado pode responder rapidamente a novos distúrbios, como o surgimento de novas doenças. Essa perspectiva sobre a transmissão vertical é fundamental para a reformulação das implicações evolucionárias da transmissão cultural.

## 5. Conclusões

Unindo todos os nossos resultados, percebemos que existe um núcleo estrutural conservativo, composto por um pequeno conjunto de plantas, que é passado por várias gerações e provavelmente permanece ao longo do tempo com poucas variações. No entanto, o sistema médico ainda é composto de muitas informações novas atualizadas pelos próprios pais antes que passem para seus filhos, e seus próprios filhos procuram novas informações com seus modelos favoritos, baseados principalmente no prestígio que têm, uma estratégia bastante adaptativa.

Confirmamos com uma análise estatística de similaridade a predominância da transmissão vertical na transmissão do conhecimento sobre plantas medicinais, como já apontado na literatura com base na análise dos auto relatos dos informantes. No entanto, com uma análise mais profunda ao longo do tempo, podemos ver que a semelhança com os pais não varia ao longo da vida de um indivíduo, enquanto outros novos conhecimentos são adquiridos por meio de um viés adaptativo de contexto baseado no prestígio e/ou sucesso do modelo. Combinado com a constatação de que mesmo o que é transmitido verticalmente não é puramente conservativo, podemos concluir que o sistema médico analisado é muito flexível e aberto a inovações, muito mais do que poderíamos esperar de um sistema que tem transmissão vertical como sua principal rota de aprendizagem.

Nosso trabalho é um importante estudo de caso sobre as rotas de transmissão de conhecimento sobre plantas medicinais e abre uma nova perspectiva sobre as implicações evolutivas da transmissão cultural essencial para o amadurecimento da disciplina da evolução cultural.

## 6. Referências

1. Henrich J, Gil-White F. (2001) The Evolution of Prestige. *Evol Hum Behav* 22(3):165-196.
2. Lozada M, Ladio A, Weigandt M (2006) Cultural transmission of ethnobotanical knowledge in a rural community of northwestern Patagonia, Argentina. *Econ Bot* 60:374–38.



3. Eyssartier C, Ladio AH, Lozada M (2008) Cultural transmission of traditional knowledge in two populations of north-western Patagonia. *J Ethnobiol Ethnomed* doi: 10.1186/1746-4269-4-25.
4. Hewlett BS, Cavali-Sforza LL (1986) Cultural transmission among Aka Pygmies. *Am Anthropol* 88: 922-934.
5. Soldati GT, Hanazaki N, Crivos M, Albuquerque UP (2015) Does environmental instability favor the production and horizontal transmission of knowledge regarding medicinal plants? A study in southeast Brazil. *Plos One*: 10(5) doi: 10.1371/journal.pone.0126389
6. Aunger R (2000) The life history of culture learning in a face-to-face society. *Ethos* doi: 10.1525/eth.2000.28.3.445.
7. McElreath R, Strimling P (2008) When natural selection favors imitation of parents. *Curr Anthropol* 49: 307–316.
8. Ohmagari K, Berkes F (1997) Transmission of indigenous knowledge and bush skills among the Western James Bay Cree women of subarctic Canada. *Hum Ecol* 25: 197–222.
9. Zarger RK, Stepp JR (2004) Persistence of botanical knowledge among Tzeltal Maya children. *Curr Anthropol* 45: doi: 10.1086/42090
10. Reyes-Garcia V, Molina JL, Broesch J, Calvet L, Fuentes-Pelaez N, McDade TW, Parsa S, Tanner S, Huanca T, Leonard WR, Martinez-Rodriguez MR (2009) Cultural transmission of ethnobotanical knowledge and skills: an empirical analysis from an amerindian society. *Evol Hum Behav* 30. doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2009.02.001
11. Srithi K, Balslev H, Wangpakapattanawong P, Srisangac P, Trisonth C (2009) Medicinal plant knowledge and its erosion among the Mien (Yao) in northern Thailand. *J Ethnopharmacol* 123 doi: 10.1016/j.jep.2009.02.035.
12. Tehrani JJ, Collard M (2009) On the relationship between interindividual cultural transmission and population-level cultural diversity: a case study of weaving in Iranian tribal populations. *Evol Hum Behav* 30 doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2009.03.002.
13. Hewlett BS, Fouts HN, Boyette AH, Hewlett BL (2011) Social Learning among Congo basin hunter-gatherers. *Philos Trans R Soc B* 366. doi: 10.1098/rstb.2010.0373

14. Henrich J, Broesh J(2011) On the nature of cultural transmission networks: evidence from Fijian villages for adaptive learning biases. *Philos Trans R Soc B* 366. doi: 10.1098/rstb.2010.0323.
15. McElreath R, Bell AV, Efferson C, Lubell M, Richerson PJ, Waring T (2008) Beyond existence and aiming outside the laboratory: estimating frequency-dependent and pay-off-biased social learning strategies. *Philos Trans R Soc B* 363:3515–3528.
16. Cavalli-Sforza LL, Feldman M (1981) Cultural transmission and evolution: A quantitative approach. Princeton, Princeton University Press.
17. Soldati GT, Albuquerque UP (2016) Are the evolutionary implications of vertical transmission of knowledge conservative? *Ethnobiol Cons* 5:2 doi:10.15451/ec2016-6-5.2-1-09
18. Lamepe/Imepe, 2011. <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>, accessed in Nov 2017.
19. Araújo TAS, Alencar NL, Amorim EL, Albuquerque UP (2008). A new approach to study medicinal plants with tannins and flavonoids contents from the local knowledge. *J Ethnopharmacol* 120:72-80.
20. Melo JG, Araújo TAS, Castro VTNA, Cabral DLV, Rodrigues MD, Nascimento SC, Amorim ELC, Albuquerque UP (2010). Antiproliferative activity, antioxidant capacity and tannin content in plants of semi- arid northeastern Brazil. *Molecules* 15: 8534-8542.
21. Alencar NL, Araújo TAS, Amorim ELC, Albuquerque UP (2010). The inclusion and selection of medicinal plants in traditional pharmacopoeias - evidence in support of the diversification hypothesis. *Econ Bot* 64: 68-79.
22. Ferreira Júnior WS, Ladio AH, Albuquerque UP (2011). Resilience and adaptation in the use of medicinal plants with suspected anti-inflammatory activity in the Brazilian Northeast. *J Ethnopharmacol* 138:238-252.
23. Alencar NL, Santoro FR, Albuquerque UP (2014). What is the role of exotic medicinal plants in local medical systems? A study from the perspective of utilitarian redundancy. *Rev Bras Farmacogn* 24: 506-515.
24. Albuquerque UP, Ramos MA, Lucena, R.F.P., & Alencar NL (2014). Methods and Techniques Used to Collect Ethnobiological Data. *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*, eds Albuquerque UP, Cunha LVFC, Lucena RFP, Alves RRN (Springer, New York), pp. 39-64.

25. Hill K, Kintigh K (2009) Can anthropologists distinguish good and poor hunters? Implications for hunting hypotheses, sharing conventions, and cultural transmission. *Curr. Anthropol.* 50, 369–377.
26. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
27. Henrich J, Henrich N (2010) The evolution of cultural adaptations: Fijian food taboos protect against marine toxins. *Proc R Soc B* 277, 3715–3724.
28. Ferreira Júnior WS, Albuquerque UP (2015) “Consensus Within Diversity”: An Evolutionary Perspective on Local Medical Systems. *Biol Theory* doi 10.1007/s13752-015-0215-1
29. Hanazaki N, Tamashiro J, Leitão-Filho HF, Begossi A (2000) Diversity of plant uses in two Caiçara communities from the Atlantic Forest coast, Brazil. *Biodivers Conserv* 9(5):597–615.
30. Almeida CFCBR, Ramos MA, Silva RRV, Melo JG, Medeiros MFT, Araújo TAS, Almeida ALS, Amorim ELC, Alves RRN, Albuquerque UP (2012) Intracultural variation in the knowledge of medicinal plants in an urban-rural community in the Atlantic forest from northeastern Brazil. *J Evid Based Complementary Altern Med.* doi: 10.1155/2012/679373
31. Mesoudi, A. (2011). Cultural evolution: how Darwinian theory can explain human culture & synthesize the social sciences. Chicago, University Chicago.
32. Nairne JS, Pandeirada JNS (2008) Adaptive memory: Is survival processing special? *J Mem Lang.* 593:77–385.
33. Nairne JS, Pandeirada JN S, Thompson SR (2008) Adaptive Memory: The Comparative Value of Survival Processing. *Psychol Sci* 19: 176-180. 2008.

## **Material Suplementar**

**Tabela 1:** Plantas medicinais citadas nos dois períodos de análise (P1= período 1; P2 = período 2).

Plantas medicinais	P1	P2	Plantas medicinais	P1	P2	Plantas medicinais	P1	P2	Plantas medicinais	P1	P2
Abacate	X	X	Angico liso	X	X	Cabeça de nego	X	X	Chuchu	X	X
Abacaxi	X	X	Angico preto	X		Cabraíba	X	X	Chumbinho	X	
Acerola	X	X	Anis de mato	X	X	Café		X	Cidreira	X	X
Acônito	X		Araçá	X		Cajá	X	X	Coco	X	X
Alcachofra	X		Araticum	X	X	Cajarana	X		Coco catolé	X	X
Alecrim	X		Ariú	X	X	Caju	X	X	Coentro	X	X
Alecrim de caboclo	X	X	Aroeira	X	X	Caju branco	X	X	Colônia	X	X
Alecrim de caco	X	X	Aroeira branca	X		Caju roxo	X	X	Cominho		X
Alecrim de cheiro	X	X	Arruda	X	X	Caju vermelho		X	Confrei		X
Aleluia	X		Aveloz	X	X	Camomila	X	X	Cordão de frade	X	X
Alface	X	X	Azedinho	X	X	Cana		X	Coroa de frade	X	X
Alfavaca	X	X	Babosa	X	X	Cana de macaco	X	X	Couve	X	X
Alfavaca de cheiro	X		Banana	X	X	Canafístula	X		Craibeira	X	X
Alfazema	X	X	Barbatimão	X	X	Canela	X	X	Cravo branco	X	X
Alfazema de caboclo	X	X	Batata		X	Capeba	X	X	Cumaru	X	X
Algaroba	X	X	Batata de purga	X	X	Capim santo	X	X	Dipirona		X
Algodão	X	X	Berinjela		X	Carambola	X		Endio	X	
Algodão seda	X		Beterraba	X	X	Cardo santo	X	X	Erva doce	X	X
Alho	X	X	Boa noite	X		Carqueja		X	Erva moura	X	X
Ameixa	X	X	Boldo	X	X	Carrapicho	X	X	Espinheiro	X	
Ameixa branca	X	X	Boldo do chile	X	X	Catingueira	X	X	Espinheiro branco	X	X
Amendoim	X	X	Bom dia	X		Catingueira rasteira	X	X	Espinheiro vermelho	X	
Anador	X	X	Bom nome	X	X	Cebola	X	X	Estreico	X	
Angico	X	X	Braúna	X	X	Cebola branca	X	X	Eucalipto	X	X
Angico branco	X	X	Burra leiteira	X		Cedro	X	X	Fava de cobra	X	

Angico de caroço	X		Cabacinha	X	X	Chave de cu		X	Feijão de corda		X
<b>Plantas medicinais</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Plantas medicinais</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Plantas medicinais</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Plantas medicinais</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>
Flor da pedra	X		Japicanga	X		Macambira de rolo	X		Mata pasto	X	X
Fumo de corda		X	Jarrinha	X	X	Macela	X		Mato de banheiro	X	
Gengibre	X	X	Jatobá	X	X	Maconha	X		Mau vizinho	X	
Genipapinho		X	Jericó	X	X	Malva branca	X		Maxixe brabo	X	
Gergelim	X	X	Jerimum		X	Malva rosa	X		Maxixe do pará	X	
Girassol	X	X	Juá	X	X	Malagueta		X	Melancia	X	X
Gogóia	X	X	Jucá	X	X	Mamão	X	X	Melão		X
Goiaba	X	X	Junça	X		Mamão de corda	X		Melão de são caetano	X	X
Goiaba branca	X	X	Jurema	X	X	Mamona	X	X	Mentrasto	X	X
Gramma de riacho	X	X	Jurema branca	X	X	Mandacaru	X	X	Milho		X
Gravatá	X	X	Jurema lisa	X	X	Mandioca	X	X	Milho de urubu	X	
Graviola	X	X	Jurema preta	X	X	Manga	X	X	Militância	X	
Guandú		X	Jurubeba	X	X	Maniçoba	X		Moleque duro	X	X
Guiné	X		Jurubeba vermelha	X		Manjeriçã	X	X	Mororó	X	X
Hortelã	X	X	Laranja	X	X	Manjerona	X	X	Mulungu	X	X
Hortelã da folha grande	X	X	Laranja cravo	X		Manjiroba	X	X	Mussambê	X	X
Hortelã da folha grande e fina	X	X	Limão	X	X	Mão fechada	X	X	Palma	X	X
Hortelã da folha grande e gorda	X	X	Limão grande	X		Maracujá	X	X	Papaconha	X	X
Hortelã da folha miúda	X	X	Limão miúdo	X		Maracujá açú	X		Papaconha branca	X	
Imburana açu	X	X	Lorna	X		Maracujá de estralo	X	X	Papaconha roxa	X	
Imburana "braba"	X	X	Louco	X	X	Maria da costa	X	X	Papoula	X	
Incó	X	X	Louro	X	X	Maria mole		X	Para raio	X	X
Jabuticaba	X	X	Maçã		X	Marmeleiro	X	X	Parreira	X	
Jacatiá	X		Macambira	X		Mastruz	X	X	Pato xulim	X	

<b>Plantas medicinais</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Plantas medicinais</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Plantas medicinais</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>
Pau d'arco	X	X	Rabo de raposa		X	Unha de gato	X	X
Pau d'arco amarelo	X	X	Rama branca	X	X	Urtiga	X	X
Pau d'arco roxo	X	X	Rasga beijo	X		Urtiga branca	X	X
Pau d'arco vermelho	X		Romã	X	X	Vassourinha	X	X
Pega pinto	X	X	Rosa	X		Vassourinha de botão	X	X
Pepino	X		Sabugueira	X	X	Vega morta	X	
Pereiro	X		Sacatinga		X	Velame	X	X
Pião	X	X	Salambaia	X		Velame branco	X	X
Pião branco	X	X	Salambaia comprida	X		Xambá		X
Pião bravo	X	X	Salambaia de pacote	X				
Pião manso	X	X	Salambaia de tilanga	X				
Pião roxo	X	X	Sassafráz	X	X			
Picão		X	Sena	X	X			
Pimenta	X	X	Sena do mato		X			
Pinha	X	X	Sete dor		X			
Piranha	X	X	Sucupira	X	X			
Pirim	X	X	Tamariana	X				
Pitanga	X	X	Tambor	X				
Pitomba	X		Tanharão	X				
Quebra pedra	X	X	Timpi	X				
Quiabo	X	X	Tomate	X				
Quina quina	X	X	Trapiá	X	X			
Quina quina branca	X	X	Trombeta		X			
Quixaba	X	X	Tuco	X				
			Ubaia	X				
			Umbu	X	X			

**Tabela 2:** Informantes nos dois períodos de análise, o número de enfermidades citadas para cada planta (EN), o número de plantas medicinais citadas (PM), o número de unidades de informação (UI) citadas (inclui o conjunto EN e PM), e a sua idade.

<b>Informantes período 1</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>	<b>Informantes período 2</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>
Informante 1	7	9	8	53					
					Informante 105	5	8	9	22
Informante 2	7	8	9	19					
Informante 3	7	8	10	26					
Informante 4	11	9	12	34	Informante 4	14	22	39	42
					Informante 106	9	11	26	18
					Informante 107	6	5	7	23
Informante 5	5	5	5	33	Informante 5	6	7	10	41
Informante 6 (Morador D)	19	34	43	20	Informante 6 (Morador D)	43	70	109	28
					Informante 108	3	4	4	26
Informante 7	13	17	18	20	Informante 7	16	15	24	28
Informante 8	7	17	18	72	Informante 8	17	17	25	46
					Informante 109	3	4	4	58
					Informante 110	14	14	36	42
Informante 9	12	11	15	64	Informante 9	7	13	13	73
Informante 10	7	11	13	49	Informante 10	25	35	48	58
Informante 11	17	19	21	55	Informante 11	10	9	12	64
Informante 12	11	18	21	83					
Informante 13	2	5	5	43	Informante 13	12	15	23	53
Informante 14	35	48	63	71					
Informante 15	11	19	21	44	Informante 15	12	14	17	54
				31	Informante 111	5	5	6	25
					Informante 112	9	10	12	78



<b>Informantes período 1</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>	<b>Informantes período 2</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>
Informante 16	2	3	3	24	Informante 16	7	11	11	33
Informante 17	13	15	16	58	Informante 17	9	10	11	67
Informante 18	8	10	11	48	Informante 18	6	8	9	58
Informante 19	16	13	21	25	Informante 19	5	8	5	35
					Informante 113	6	10	10	25
Informante 20	3	5	6	18	Informante 20	4	5	6	44
Informante 21	12	11	15	35					
Informante 22 (Morador B)	42	38	80	48	Informante 22 (Morador B)	40	48	92	57
Informante 23	9	12	15	19					
Informante 24	1	3	2	24					
Informante 25	8	11	12	46	Informante 25	8	13	18	56
Informante 26	0	1	0	26					
Informante 27	10	8	14	19					
Informante 28	10	9	13	57	Informante 28	8	12	14	66
					Informante 114	12	13	24	34
Informante 29	10	17	16	67	Informante 29	22	36	42	75
Informante 30	6	6	9	43	Informante 30	4	9	10	52
Informante 31	18	25	33	46	Informante 31	11	13	23	54
Informante 32	13	20	25	59					
Informante 33	6	9	10	27	Informante 33	8	13	15	37
					Informante 115	6	7	8	30
Informante 34	26	24	34	75	Informante 34	13	14	26	84
					Informante 116	5	5	7	21
					Informante 117	2	3	3	24
Informante 35	17	17	26	48	Informante 35	10	10	14	58
					Informante 118	2	7	7	19

<b>Informantes período 1</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>	<b>Informantes período 2</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>
Informante 36	12	18	10	63					
					Informante 119	13	11	19	69
Informante 37	12	15	15	46	Informante 37	13	20	23	56
Informante 38	20	23	26	37	Informante 38	5	6	8	46
Informante 39	15	13	18	32	Informante 39	7	7	9	44
Informante 40	12	17	17	73					
Informante 41	12	13	16	68					
Informante 42	14	18	25	74					
Informante 43	8	12	14	65	Informante 43	6	8	11	75
					Informante 120	5	7	9	42
					Informante 121	3	3	4	20
Informante 44	9	16	11	66	Informante 44	1	6	6	77
Informante 45	15	24	27	68					
Informante 46	10	10	11	37	Informante 46	5	8	9	47
					Informante 122	2	6	6	24
					Informante 123	10	12	17	60
Informante 47	11	16	18	26	Informante 47	11	11	16	36
Informante 48	12	16	21	79	Informante 48	8	10	15	87
Informante 49	21	34	38	59	Informante 49	15	22	41	67
Informante 50	16	19	24	54	Informante 50	14	29	35	63
Informante 51	10	10	13	32	Informante 51	8	10	10	40
Informante 52	13	13	16	70					
Informante 53	7	12	15	54	Informante 53	4	7	8	64
					Informante 124	13	13	15	73
Informante 54	25	31	40	44	Informante 54	17	16	31	53
					Informante 125	3	3	3	22

<b>Informantes período 1</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>	<b>Informantes período 2</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>
Informante 55	6	12	12	73	Informante 55	7	14	16	83
					Informante 126	1	1	1	20
Informante 56 (Moradora C)	75	97	170	59	Informante 56 (Moradora C)	30	36	48	67
Informante 57	10	12	14	37	Informante 57	18	23	42	46
Informante 58	15	16	21	83					
Informante 59	20	31	39	55	Informante 59	9	13	15	65
Informante 60	9	16	18	20					
Informante 61	2	2	2	19					
Informante 62	14	15	21	47	Informante 62	17	25	35	55
Informante 63	13	18	18	70					
					Informante 127	7	8	10	40
					Informante 128	10	14	17	82
Informante 64	28	40	50	63	Informante 64	8	25	27	
Informante 65	5	5	5	55	Informante 65	17	15	26	63
Informante 66	9	14	19	36					
Informante 67	13	21	22	78					
Informante 68	8	9	9	45	Informante 68	6	5	7	54
Informante 69	16	26	34	58	Informante 69	16	25	43	67
Informante 70	7	11	10	90					
Informante 71	6	12	14	53	Informante 71	7	10	16	62
Informante 72	4	5	3	27	Informante 72	6	7	8	35
					Informante 129	20	25	28	29
Informante 73	9	9	12	43	Informante 73	10	8	18	53
Informante 74	7	8	9	53					
Informante 75	23	21	28	48	Informante 75	14	20	28	57
Informante 76	17	15	22	87					

<b>Informantes período 1</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>	<b>Informantes período 2</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>
Informante 77	6	14	15	83					
Informante 78	10	13	18	37					
Informante 79	4	6	7	86					
Informante 80	5	8	8	28					
Informante 81	20	36	43	58	Informante 81	22	35	45	67
Informante 82	16	12	15	25					
Informante 83	13	18	20	61	Informante 83	12	13	20	69
Informante 84	11	8	13	45	Informante 84	20	16	32	54
Informante 85	9	16	17	40	Informante 85	6	6	8	48
Informante 86	9	11	14	55	Informante 86	10	12	12	57
Informante 87	9	20	23	68	Informante 87	13	19	31	77
					Informante 130	10	9	15	26
Informante 88	2	18	19	45	Informante 88	10	13	13	54
Informante 89	22	25	30	63	Informante 89	18	21	27	72
Informante 90	28	27	40	69	Informante 90	14	16	21	77
Informante 91	6	7	7	66					
Informante 92	13	17	19	41	Informante 92	8	8	11	50
Informante 93	10	9	14	38	Informante 93	2	6	7	47
Informante 94	13	19	17	77					
Informante 95 (Moradora A)	45	60	81	69	Informante 95 (Moradora A)	34	29	58	77
Informante 96	8	9	9	71	Informante 96	5	6	7	81
Informante 97	4	5	5	18					
					Informante 131	10	9	13	58
					Informante 132	22	20	32	39
Informante 98	16	24	28	31	Informante 98	15	25	27	41
Informante 99	10	18	19	43	Informante 99	9	13	14	52

<b>Informantes período 1</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>	<b>Informantes período 2</b>	<b>EN</b>	<b>PM</b>	<b>UI</b>	<b>Idade</b>
Informante 100	21	28	36	67	Informante 100	10	13	16	75
Informante 101	12	9	15	35					
Informante 102	9	15	15	78	Informante 102	6	6	8	88
Informante 103	19	24	25	64	Informante 103	20	28	28	74
					Informante 133	11	9	17	74
Informante 104	7	8	8	24					
					Informante 134	6	6	8	28
					Informante 135	2	4	4	57

**Tabela 3:** Modelos citados como preferidos, os vieses de modelo baseado nas justificativas de escolha do modelo dada pelos informantes e o número de citações de cada modelo para cada tipo de viés.

<b>Modelo</b>	<b>Viés de modelo</b>	<b>Citações</b>
Informante 10	sucesso/prestígio	4
Informante 15	familiaridade	1
Informante 12	idade	1
Informante 134	sem justificativa	1
	idade	1
	sucesso/prestígio	2
Informante 17	familiaridade	2
Informante 18	sucesso/prestígio	1
Informante 22 (Morador B)	sem justificativa	1
	familiaridade	2
	sucesso/prestígio	22
Farmácia	sucesso/prestígio	1
Informante 34	familiaridade	1
	idade	1
Informante 43	idade	1
Informante 47	idade	1
Informante 46	familiaridade	1
Informante 48	familiaridade	1
Informante 49	familiaridade	1
Informante 50	idade	1
	sucesso/prestígio	3
Informante 52	familiaridade	1
Informante 53	familiaridade	1
Informante 55	idade	1
Informante 56 (Moradora C)	idade	1
	sucesso/prestígio	2
Informante 62	sucesso/prestígio	7
Informante 65	familiaridade	1
	idade	1
Informante 63	sem justificativa	1
	idade	2
	sucesso/prestígio	1
Informante 75	familiaridade	1
	idade	1
Informante 69	idade	1
Informante 83	idade	3
	sucesso/prestígio	1
Informante 135	familiaridade	2
Informante 87	idade	2

	sucesso/prestígio	1
	familiaridade	1
Médico	sem justificativa	1
	por exclusão	2
	sucesso/prestígio	3
Não sabe	sem justificativa	5
Informante 136	sucesso/prestígio	1
Ninguém	sem justificativa	4
	idade	3
Qualquer pessoa do Carão	Sem justificativa	1
Informante 92	familiaridade	1
Informante 95 (Moradora A)	familiaridade	4
	idade	6
	sucesso/prestígio	13
Informante 98	familiaridade	1
Informante 102	familiaridade	1
	idade	1
	sucesso/prestígio	2

**Tabela 4:** Plantas medicinais (PM) transmitidas por via vertical conservativa, o número de citações em cada período (T1 e T2) e a sua posição entre as mais citadas em cada ano.

PM	Citações P1	Citações P2	Posição P1	Posição P2
Alfazema de caboclo	3	5	40°	37°
Angico	31	37	14°	8°
Aroeira	81	81	1°	1°
Babosa	40	39	10°	7°
Caju roxo	41	43	9°	5°
Catingueira	45	36	7°	9°
Cidreira	53	50	5°	3°
Colônia	12	12	31°	31°
Eucalipto	23	12	20°	32°
Hortelã da folha grande	40	34	11°	11°
Hortelã da folha miúda	45	35	8°	10°
Imburana açu	62	57	2°	2°
Jatobá	32	26	13°	16°
Juá	58	32	3°	12°
Jucá	56	43	4°	6°
Jurema	17	4	26°	18°
Mulungu	18	14	25°	27°
Pega pinto	11	13	32°	29°
Quixaba	17	27	26°	14°
Velame	27	12	18°	35°



## **CAPÍTULO 5: Considerações finais**

### *5.1 – Principais conclusões*

A análise temporal empregada nessa tese foi fundamental para evidenciar processos microevolutivos de um sistema médico local e seus pormenores, reanalisando questões já antes trabalhadas em perspectiva sincrônica que puderam ter novas interpretações, e contestando alguns pressupostos teóricos que careciam de análises em populações reais. Assim, podemos concluir que:

1. Uma população pode usufruir da fusão de dois sistemas médicos, aumentando suas possibilidades de cura de enfermidades. Assim, mesmo a entrada de conhecimentos de um sistema estranho à população local, pode ser aproveitada beneficemente sem competir com o sistema médico pré-existente. As pessoas podem definir o que preferem adotar do novo sistema e o que preferem manter, aproveitando o que for mais conveniente. Em nosso estudo, esse discernimento ficou evidente quando as pessoas, apesar de conhecerem um substancial número de fármacos industriais, ainda preferem buscar modelos do sistema médico local ao se depararem com uma nova enfermidade. A cooperação entre os dois sistemas também é clara quando as pessoas agregam mais plantas medicinais ao longo do tempo para tratar enfermidades em que os fármacos industriais também são populares, mostrando que o que guia as mudanças do sistema médico são as características das enfermidades, e não uma possível competição com conhecimentos estrangeiros.

2. A incidência percebida sobre cada enfermidade parece então ser esse fator que direciona o caminho evolutivo, entre possíveis outros fatores aqui não analisados. As pessoas transmitem mais informações ao longo do tempo sobre alvos terapêuticos mais frequentes, e também buscam novos conhecimentos para esses alvos. Essa busca se mostra ser ativa, e não apenas consequência da própria recorrência da enfermidade, que faria que fossem mais transmitidas, e como resultado do excesso de transmissão, mais erros fossem agregados, aumentando o número de recursos conhecidos. Como não houve maiores erros para esses alvos ao longo do tempo, mas um substancial aumento do acervo de plantas medicinais e de compartilhamento, somado já ao significativo maior número de fármacos industriais para trata-las, se torna incontestável a

importância da incidência como característica intrínseca das enfermidades, que faz com que sejam priorizadas nos processos de seleção cultural do sistema médico local.

3. A transmissão vertical é realmente a maior estruturadora de um sistema médico local, mesmo quando não só confiamos nos auto relatos das pessoas sobre seu aprendizado anterior. No entanto, a transmissão oblíqua e horizontal ao longo da vida dos indivíduos é fundamental para a atualização do sistema médico local, sendo essencial para sua adaptabilidade a eventuais distúrbios. Tais vias se tornam ainda mais adaptativas quando os aprendizes direcionam sua cópia para aquelas pessoas de maior prestígio ou sucesso no domínio de conhecimento de plantas medicinais, pois o custo em buscar novas informações de outra pessoa será compensado por um modelo que realmente poderá suprir o aprendiz com o maior conhecimento. Além disso, mesmo entre aqueles conhecimentos adquiridos unicamente por via vertical, há uma atualização constante ao longo das gerações, não permitindo que tais conhecimentos fiquem estagnados ao longo do tempo, representando um ambiente que já não existe mais. O sistema médico local, mesmo tendo como base de transmissão a via vertical, pode estar extremamente adaptado a novas mudanças, ao contrário do que sugere os modelos matemáticos da Teoria da Evolução Cultural.

## *2.2 - Contribuições teóricas da tese*

O presente estudo teve como principal objetivo compreender os processos evolutivos que guiam os cuidados à saúde de uma população humana. A partir do estudo de caso em uma população do nordeste brasileiro, se pôde evidenciar os processos microevolutivos que guiam as escolhas das pessoas no momento de direcionarem seus esforços de memória e transmissão de conhecimento para cuidarem de sua saúde.

Além disso, se por um lado, a perspectiva da evolução cultural se mostra um grande apoio teórico para interpretações mais profundas sobre achados etnobiológicos, por outro, os estudos etnobiológicos podem mostrar realidades não previstas apenas pela Teoria da Evolução Cultural. Como um todo, essa tese contribui fortemente para responder questões importantes da Etnobiologia e da Teoria da Evolução Cultural, deixando claro o quanto o diálogo entre essas duas áreas da ciência favorece o crescimento de ambas.

### *5.3 – Principais limitações do estudo*

Assumimos que um estudo realizado em dois momentos diferentes com duas equipes diferentes tem fortes limitações. Apesar de nossos melhores esforços para minimizar possíveis vieses de pesquisa, seguindo os mesmos procedimentos implementados pelos pesquisadores durante o período 1, sabemos que a aplicação das entrevistas por pessoas diferentes pode levar a uma perda de dados.

Além disso, apenas no período 2, reunimos dados sobre a percepção da incidência e gravidade das doenças. Durante as oficinas, pedimos às pessoas que classificassem a frequência e a gravidade das doenças de acordo com o que haviam observado nos últimos 10 anos, porém, sabemos que nem sempre conseguiam lembrar tais informações. Em alguns casos, quando uma doença apresentou uma grande discrepância de frequência nos últimos anos, os informantes indicaram que a frequência da doença estava relacionada apenas ao último ano. Nestes casos, os removemos das análises que consideraram os dois períodos. No entanto, mesmo se tentarmos acessar a frequência dos últimos anos, a falta de tais dados no período 1 limita a discussão sobre a dinâmica desses fatores ao longo do tempo e relativiza nossas conclusões.

No capítulo 4 criticamos a maneira como a coleta de dados sobre transmissão tem sido feita em estudos etnobiológicos, baseado no auto relato dos informantes, o que requer que recorram unicamente à sua memória do aprendizado sobre cada planta medicinal. Para contornar essa limitação, realizamos uma análise de similaridade de conhecimento em conjunto com o auto relato para algumas perguntas, no entanto, para a última pergunta desse capítulo, não tivemos acesso a dados de similaridade e utilizamos somente o auto relato, que, como explicitamos, possui fortes limitações. Porém, olhando nossos resultados, vemos que esse problema pode se diluir, uma vez que mesmo baseando numa metodologia débil, a mesma usada nos estudos anteriores, encontramos um resultado surpreendente que vai de encontro ao que tenderia os resultados de uma metodologia baseada unicamente na memória dos informantes.

### *5.4 – Propostas de investigações futuras*

Baseado nas limitações encontradas dos estudos de caso desta tese, se faz relevante a realização de novos estudos diacrônicos idealizados desde o princípio com a

perspectiva evolutiva, que possam contornar tais limitações. Considerando a rapidez das mudanças evolutivas de sistemas culturais, como os sistemas médicos, fica claro que estudos ao longo do tempo podem preencher muitas lacunas sobre evolução cultural de uma maneira muito mais robusta que estudos sincrônicos.

Além disso, como parte dos próprios objetivos dessa tese, esse manuscrito apresenta inúmeras propostas de investigações possíveis ao se utilizar a Teoria da Evolução Cultural no ramo da Etnobiologia. Tais propostas estão expostas na tabela 4 do capítulo 2.

### 5.5 – Orçamento

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio de bolsa para a aluna Flávia Rosa Santoro. A bolsa individual da aluna foi utilizada para material de papelaria e campo, transporte, estadia e alimentação.

### 6.6 – Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, U.P. Re-examining hypotheses concerning the use and knowledge of medicinal plants: a study in the Caatinga vegetation of NE Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. v. 2, pp1–10. PMID: 16393342. 2006.

ALBUQUERQUE, U.P., OLIVEIRA, R.F. Is the use-impact on native caatinga species in Brazil reduced by the high species richness of medicinal plants? *Journal of Ethnopharmacology*, v.113, pp156-170. 2007.

ALBUQUERQUE, U. P.; MEDEIROS, P. M. What is evolutionary ethnobiology? **Ethnobiology and Conservation**, v. 2, pp1-6. 2013.

ALBUQUERQUE, U.P., MEDEIROS, P.M., CASAS, A. Evolutionary ethnobiology. In. Albuquerque, U. P.; Medeiros, P.M.; Casas, A. editors. , **Evolutionary ethnobiology**. New York: Springer, 2015. pp. 1–5.

ALBUQUERQUE, U.P.; FERREIRA JÚNIOR, W.S. What Do We Study in Evolutionary Ethnobiology? Defining the Theoretical Basis for a Research Program. *Evolutionary Biology*. doi 10.1007/s11692-016-9398-z. 2016.

ALENCAR, N.L., ARAÚJO, T.A.S., AMORIM, E.L.C., ALBUQUERQUE, U.P. The inclusion and selection of medicinal plants in traditional pharmacopoeias - evidence in support of the diversification hypothesis. **Economic Botany**. v.64, pp68-79. 2010.

AUNGER, R. The life history of culture learning in a face-to-face society. *Ethos* doi: 10.1525/eth.2000.28.3.445. 2000.

BARKOW, J. H.; COSMIDES, L.; TOOBY, J. **The adapted mind**: Evolutionary psychology and the generation of culture. New York: Oxford University Press. 1992.

BELLIARD, J.C.; RAMÍREZ-JOHNSON, J. Medical Pluralism in the Life of a Mexican Immigrant Woman. **Hispanic Journal of Behavioral Sciences**, v.27 (3), pp267-285. 2005.

BENNETT, B.C., HUSBY, C.E. Patterns of medicinal plant use: an examination of the Ecuadorian Shuar medicinal flora using contingency table and binomial analysis. **Journal of Ethnopharmacology** v. 116, pp422–430. 2008.

BERKES, F. 1999. Sacred ecology: traditional ecological knowledge and management systems. Philadelphia and London: Taylor & Francis. 209 p.

BOLHUIS, J.J.; BROWN, G.R.; RICHARDSON, R.C.; LALAND, K.N. Darwin in Mind: New Opportunities for Evolutionary Psychology. **PLoS Biology** 9(7):e1001109. 2011.

BOYD, R.; RICHERSON, P. J. **Culture and the evolutionary process**. Chicago, IL: University of Chicago Press. 1985.

BROWN, G. R.; RICHERSON P. J. Applying evolutionary theory to human behaviour: past differences and current debates. **Journal of Bioeconomics**. v.16 (2), pp105-128. 2013.

CASE, R.J.; PAULI, G.F.; SOEJARTO, D.D. Factors in maintaining indigenous knowledge among ethnic communities of Manus Island. **Economic Botany**, v. 59 (4), pp356-36. 2005.

CAVALLI-SFORZA, L. L.; FELDMAN, M. **Cultural transmission and evolution**: A quantitative approach. Princeton, Princeton University Press. 1981.

CONFER, J.J.; EASTON, J.A.; FLEISCHMAN, D.S.; GOETZ, C.D.; LEWIS, D.M.G.; PERILLOUX, C.; BUSS, D.M. Evolutionary psychology: Controversies, questions, prospects, and limitations. **American Psychologist**. v.65(2), pp110–126. 2010.

DARWIN, C. **The origin of species**. London: Penguin, 1968. Original edition, 1859.

DHAR, U.; RAWAL, R. S.; UPRETI, J. Setting priorities for conservation of medicinal plants – A case study in the Indian Himalaia. *Biological Conservation* v. 95, p.57–65. 2000.

DUNN F. Traditional Asian medicine and cosmopolitan medicine as adaptive systems. In: LESLIE. C. editor. **Asian medical systems: a comparative study**. California: University California Press; 1976.

EYSSARTIER, C.; LADIO, A. H.; LOZADA, M. Cultural Transmission of Traditional Knowledge in two populations of North-western Patagonia. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** v.4, pp25- 33. 2008.

FERREIRA JÚNIOR, W.S., LADIO, A.H., ALBUQUERQUE, U.P. Resilience and adaptation in the use of medicinal plants with suspected anti-inflammatory activity in the Brazilian Northeast. **Journal of Ethnopharmacology**. v.138, pp238-252. 2011.

FERREIRA JÚNIOR, W.S., MEDEIROS, P.M., ALBUQUERQUE, U.P. Evolutionary Ethnobiology In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. <http://www.els.net> doi: 10.1002/9780470015902.a0028232

FUTUYMA, D.J. **Evolutionary Biology**. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 1998.

GIOVANNINI, P.; HEINRICH, M. Xki yoma' (our medicine) and xki tienda (patent medicine)-Interface between traditional and modern medicine among the Mazatecs of Oaxaca, Mexico. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 121, pp383-199. 2009.

GREENE, S. The shaman's needle: development, shamanic agency, and intermedicality in Aguaruna Lands. **American Ethnologist**, v. 25(4), pp634-658. 1998.

HATTORI, W.T.; YAMAMOTO, M.E. Evolução do comportamento humano: Psicologia evolucionista. **Ambiente e Diversidade**. v.34(83), pp101-112. 2012.

HEWLETT, B.S.; CAVALI-SFORZA, L.L. Cultural transmission among Aka Pygmies. *American Anthropology* v. 88, pp922-934. 1986.

JEANNE, R.L. Behavioral ecology. Investigating the adaptive value of behavior. In: DODSON, S.L.; ALLEN, T.F.H.; CARTENTER, S.R.; IVES, A.R.; JEANNE, R.L.; KITCHELL, J.F.; LANGSTON, N.E.; TURNER, M.G. **Ecology**. Oxford University Press. p 199-234. 1998

KLEINMAN A. Concepts and a model for the comparison of medical systems as cultural systems. *Social Science Medicine*. v. 12, pp85–93. 1978.

LADIO, A.H.; LOZADA, M. Medicinal plant knowledge in rural communities of North-Western Patagonia, Argentina. A resilient practice beyond acculturation. In: Albuquerque UP, Ramos MA, editors. **Current Topics in Ethnobotany**. Kerala, India: Research Signpost; pp. 39–53. 2008.

LALAND, K.N., BOOGERT, N.J. 2010. Niche construction, co-evolution and biodiversity. *Ecological Economics*, v. 69, pp731-736.

LOZADA, M.; LADIO, A.; WEIGANDT, M. Cultural Transmission of Ethnobotanical Knowledge in a Rural Community of Northwestern Patagonia, Argentina. **Economic Botany** ,v.60, pp374–385. 2006.

MEDEIROS, P.M. Why is change feared? Exotic species in traditional pharmacopoeias. *Ethnobiology and Conservation*. v. 2, pp 1-5. 2013.

MESOUDI, A. **Cultural evolution**: how Darwinian theory can explain human culture & synthesize the social sciences. Chicago, University Chicago. 2011.

MINEKA, S.; OHMAN, A. Phobias and preparedness: The selective, automatic, and encapsulated nature of fear. **Society of Biological Psychiatry**, 52, 927–937. 2002.

NASCIMENTO, A.L.B., FERREIRA JÚNIOR, W.S., RAMOS, M.A., SOLDATI, G.T., SANTORO, F.R., ALBUQUERQUE, U.P. Utilitarian Redundancy: Conceptualization and Potential Applications in Ethnobiological Research. In: ALBUQUERQUE, U.P., MEDEIROS, P.M., CASAS, A. editors. **Evolutionary Ethnobiology**. New York: Springer. 2015; pp 121-130.

NASCIMENTO, A.L.B., LOZANO, A., MELO, J.G., ALVES, R.R., ALBUQUERQUE, U.P. Functional aspects of the use of plants and animals in local medical systems and their implications for resilience. **Journal of Ethnopharmacology**; doi: 10.1016/j.jep.2016.08.017. 2016.

NASCIMENTO, A.L.B.; MEDEIROS, P.M.; ALBUQUERQUE, U.P. Factors in hybridization of local medical systems: Simultaneous use of medicinal plants and modern medicine in Northeast Brazil. **PLOS ONE** v.13(11): e0206190. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206190>. 2018.

NAIRNE, J.S. 2010. Adaptive Memory: Evolutionary Constraints on Remembering. **Psychology of Learning and Motivation** v. 53, pp1-32. 2010.

NAIRNE, J.S.; PANDEIRADA, J.N.S. Adaptive memory: Is survival processing special? **Journal of Memory and Language**. v.59, pp377–385. 2008.

NAIRNE, J. S.; PANDEIRADA, J. N. S.; Thompson, S. R. 2008. Adaptive Memory: The Comparative Value of Survival Processing. **Psychological Science** v. 19, pp176-180. 2008.

NOLAN, J.; ROBBINS, M. Cultural Conservation of Medicinal Plant Use in the Ozarks. **Human Organization: Spring**, v. 58(1), pp67-72. 1999.

OLIVEIRA, R.L.C.; LINS NETO, E.M.F.; ARAÚJO, E.L.; ALBUQUERQUE, U.P. Conservation Priorities and Population Structure of Woody Medicinal Plants in an Area of Caatinga Vegetation (Pernambuco State, NE Brazil). *Environmental Monitoring and Assessment*, v.132, p.189-206. 2007.

RAGUPATHY, S.; NEWMASER, S.G.; MURUGESAN, M.; BALASUBRAMANIAM, V.; MUNEEER, M.U. Consensus of the ‘Malasars’ traditional aboriginal knowledge of medicinal plants in the Velliangiri Holy Hills, India. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine** v. 4, pp1–14. 2008.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E.. **Biologia Vegetal**, 6a. ed. Coord. Trad. J.E.Kraus. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2001.

RENDELL, L.; FOGARTI, L.; LALAND, K.N. Rogers’ paradox recast and resolved: Population structure and the evolution of social learning strategies. **Evolution**. v.64 (2), pp534–548. 2009.

RICHERSON, P. J.; BOYD, R. **Not by genes alone**: how culture transformed human evolution. Chicago, The University of Chicago Press. 2005.

SANTORO, F. R.; FERREIRA JÚNIOR, W. S., ARAÚJO, T. A. S.; LADIO, A. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Does Plant Species Richness Guarantee the Resilience of Local Medical Systems? A Perspective from Utilitarian Redundancy. **PLoS ONE** v. 10(3): e0119826. 2015. (doi:10.1371/journal.pone.0119826).

SASLIS-LAGOUDAKIS, C.H.; SAVOLAINEN. V.; WILLIAMSON, E.M.; FOREST, F.; WAGSTAFF, S.J.; BARAL, S.R.; WATSON, M.F.; PENDRY, C.A.; HAWKINS, J.A. Phylogenies reveal predictive power of traditional medicine in bioprospecting. **Proceedings Natural Academic Science**. v.109(39), pp15835–15840. 2012.

SINGER, M.; BAER, H. **Introducing medical anthropology**: a discipline in action. AltaMira Press, London, UK. 2012.



SOLDATI, G.T.; HANAZAKI, N.; CRIVOS, M.; ALBUQUERQUE, U.P. Does Environmental Instability Favor the Production and Horizontal Transmission of Knowledge regarding Medicinal Plants? A Study in Southeast Brazil. **PLoS ONE** v. 10(5): e0126389. 2015.

SRITHI, K., BALSLEV, H., WANGPAKAPATTANAWONG, P., SRISANGA, P., TRISONTHI, C. Medicinal plant knowledge and its erosion among the Mien (Yao) in northern Thailand. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 123, p. 335–342. 2009.

TANAKA, M.M.; KENDAL, J. R.; LALAND, K. N. From traditional medicine to witchcraft: why medical treatments are not always efficacious. **Plos One** v.4, e5192. doi:10.1371/journal.pone.0005192. 2009.

TOMASELLO, M. **The cultural origins of human cognition**. Cambridge: Harvard University Press; 2003.

TOOBY, J.; COSMIDES, L. (1990). The past explains the present: emotional adaptations and the structure of ancestral environments. **Ethology and Sociobiology**, v. 11, pp375-424. 1990.

VANDEBROEK, I.; CALEWAERT, J.; DE JONCKHEERE, S.; SANCA, S.; SEMO, L.; VAN DAMME, P.; VAN PUYVELDE, L.; DE KIMPE, P. Use of medicinal plants and pharmaceuticals by indigenous communities in the Bolivian Andes and Amazon. **Bull World Health Organization**, v.82, pp243-250. 2004.

VANDEBROEK, I.; BALICK, M.J. Globalization and Loss of Plant Knowledge: Challenging the Paradigm. **PLoS ONE**, v.7(5): e37643. 2012.

WECKERLE, C.S.; CABRAS, S.; CASTELLANOS, M.E.; LEONTI, M (2012) An imprecise probability approach for the detection of over and underused taxonomic groups with the Campania (Italy) and Sierra de Popoluca (Mexico) medicinal flora. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 142, pp259–264. 2012.

ZANK, S.; HANAZAKI, N. The coexistence of traditional medicine and biomedicine: A study with local health experts in two Brazilian regions. **PLoS ONE** v. 12(4): e0174731. 2017.

ZARGER, R. K.; STEPP, J. R. Persistence of Botanical Knowledge among Tzeltal Maya Children. **Current Anthropology** v.45 pp413-419. 2004.