

PERIÓDICUS

ISSN: 2358-0844

n. 20, v. 1  
jan-abr.2024  
p. 273-307

# Não binariedade emergente ou binariedade projetiva - reflexões exploratórias transdisciplinares

*(Emergent non-binarity or projective binarity – an exploratory transdisciplinary study)*

*(No binariedad emergente o binariedad proyectiva – un estudio transdisciplinario)*

Gabrielle Weber<sup>1</sup>  
Silvana Nascimento<sup>2</sup>

**RESUMO:** Neste artigo, exploramos uma aliança transdisciplinar de um ponto de vista teórico para estudar a dinâmica entre sexualidade e gênero no contexto das interações sociais. Através de um modelo matemático, inspirado pela formulação da mecânica quântica, estabelecemos o papel não trivial que a cis-heteronorma tem na estabilização das identidades e experiências não binárias. Em outras palavras, na tentativa de normatizar apenas as relações heterossexuais, emergem necessariamente identidades que escapam e, conseqüentemente, destroem o binário de gênero. Trata-se de um primeiro exercício reflexivo na tentativa de estabelecer diálogos entre estudos de gênero e de sexualidade, matemática e antropologia.

**PALAVRAS-CHAVE:** não binariedade; gênero; sexualidade; operadores lineares simétricos e autoadjuntos em espaços de Hilbert; espaços de estados quânticos.

**Abstract:** In this work, we propose a transdisciplinary alliance to study, from a theoretical standpoint, the dynamics between sexuality and gender in the context of social interactions. Using a mathematical model inspired by the mathematical formulation of quantum mechanics, we establish the non-trivial role played by the cis-heteronormativity on the emergence and stabilization of non-binary gender identities and experiences. In other words, by enforcing only heterosexual relationships, there necessarily emerge dissident gender identities which ultimately destroy the gender binary. This paper puts forward a first step towards establishing a fruitful collaboration between gender and sexuality studies, mathematics, and anthropology.

**Keywords:** non-binary; gender; sexuality; linear symmetric and self-adjoint operators on Hilbert spaces; quantum state spaces.

**Resumen:** En este artículo, exploramos una alianza transdisciplinaria, desde una perspectiva teórica, para investigar la dinámica entre la sexualidad y el género en el marco de las interacciones sociales. A través de un modelo matemático, basado en la formulación de la mecánica cuántica, definimos el papel no trivial que juega la cis-heteronorma en la estabilización de las experiencias e identidades no binarias. Es decir, en la pretensión de normalizar únicamente las relaciones heterossexuales, surgen necesariamente identidades que se escapan y, en consecuencia, rompen con el binario de género. Se trata de un primer ejercicio reflexivo para intentar establecer diálogos entre los estudios de género y sexualidad, las matemáticas y la antropología.

**Palabras clave:** no binariedad; género; sexualidad; operadores lineales simétricos y autoadjuntos en espacios de Hilbert; espacios de estado cuánticos.

1 Doutora em Física pela Universidade de São Paulo. E-mail: gabrielleweber@usp.br

2 Mestre e doutore em Antropologia Social pela Universidade de São Paulo. E-mail: silnasc@usp.br



Interpretar não é apenas decifrar códigos, é, igualmente, decifrar e criar outros, a partir dos próprios referenciais. (Jesus, 2014, p.11)

## 1 Introdução

Este artigo é um experimento elaborado a quatro mãos que resulta de diálogos entre os estudos trans, a matemática, a física e a antropologia com o intuito de testar, por meio de diferentes teorias, como o gênero e a sexualidade, pensados como categorias do entendimento e marcadores sociais da diferença, reproduzem, de um lado, o binômio masculino x feminino e, de outro, permitem a emergência de uma não binariedade projetiva, que abre espaço para expressões de gênero e de sexualidades dissidentes. Nossa proposta, aqui, não é oferecer respostas, mas fazer certos exercícios para compreender esse complexo jogo. Assim, com o intuito de analisar a relação entre gênero e sexualidade para compreender a não binariedade, arriscamos trazer a perspectiva da matemática e da física, a especialidade de uma das autoras, Gabrielle Weber, e, a partir desta perspectiva, oferecer diálogos com a antropologia e as ciências sociais, a especialidade de Silvana Nascimento<sup>3</sup>.

A não binariedade é entendida aqui como um espectro caleidoscópico, em constante movimento, que não se deixa apreender por uma única categoria identitária tampouco por materialidades corpóreas. É uma existência fronteiriça, entre mundos (Anzaldúa, 2012), que pode construir relações de oposição, negação, justaposição, junção frente ao binário masculino/feminino. De certo modo, a “não” binariedade tem sido definida pela negativa, pelo que ela não é, mas faz sentido perguntar-nos pelo que ela é? Ou sobre o que ela faz e provoca no *cistema*?

Se gênero é uma categoria analítica efetiva, que surge para compreender como as relações entre os sexos constituíram-se ao longo da história e nas diferentes culturas, fruto de uma complexa interação entre aspectos sociais, biológicos, subjetivos, ambientais etc. é possível pensarmos em identidades e subjetividades emergentes que trafegam pelo sistema binário, mas não “decidem” por um lado ou por outro. Seriam, então, essas identidades indecisas ou que optam por não colapsar em estados inteligíveis pela cisheteronorma novas identidades de gênero?<sup>4</sup>

Apesar da notável correlação (que de certa forma motiva a hipersimplificação de um modelo binário para a trinca sexo-gênero-sexualidade) entre características sexuais, como

3 Esses experimentos começaram como uma espécie de “brincadeira séria”, a partir de encontros promovidos pela pesquisa Corpos Trans e Travestis na Universidade de São Paulo, coordenada por nós.

4 A cisheteronormatividade pode ser pensada como um sistema, um conjunto de normas que, aliado à heteronormatividade, atribui o caráter essencial e naturalizado à existência de “homens” e “mulheres”, como se suas definições ao nascimento pudessem ser permanentes e imutáveis. Assim, a partir dos anos 1990, os movimentos trans passam a descrever as pessoas não-trans como cishetero, apontando também o caráter marcado não apenas de seus próprios corpos, mas de todas as identidades de gênero (Moirá, 2016; Vergueiro, 2015).



genitália, gônadas, cromossomos sexuais e perfis hormonais, não existe uma relação bijetiva entre elas e o gênero de uma dada pessoa<sup>5</sup>. De forma que é, *a priori*, impossível qualquer determinação extrínseca do gênero de uma pessoa, sendo ela mesma, pois, a única entidade capaz de integrar todos esses fatores de uma forma coerente com a sua própria história.

Em outros termos, a afirmação de gênero de alguém, como pessoa trans e não binária, se faz por um processo de autodefinição e autodeterminação, de acordo com seus processos subjetivos, imbricados em um contexto familiar, social e histórico. Não está definido externamente.

O conceito de autodeterminação nos coloca como protagonistas de nossas experiências subjetivas, retirando a autoridade que, na sociedade vigente, ainda está tutelada por instituições médicas, jurídicas, religiosas e estatais, que nos delimitam em uma condição subalterna, patológica, criminosa e imoral. Quando os corpos trans\* assumem processos de produções discursivas sobre suas subjetividades, passam a rechaçar o pensamento colonizador e os processos de patologização (Nascimento, 2021, p. 107).

Como afirma Leticia Nascimento (2021), na citação acima, as sociedades, ao produzirem as normatividades que limitam ou reforçam certas subjetividades em detrimento de outras através de diversos mecanismos autocontrolados, estipulam quais identidades de gênero são ditas normais e aquelas que devem ser patologizadas. Dessa forma, pelo menos no Ocidente, foi forçada uma pseudobijeção entre genitália normatizada, gênero e sexualidade<sup>6</sup>. Note que, já de antemão, a diversidade de *corpas* é podada com a exclusão sumária de pessoas intersexo, que correspondem a uma fração entre 0.02% e 1.7% da população, dependendo da estimativa adotada (Blackless, 2000; Witchel, 2018), cujos corpos são muitas vezes mutilado em prol dessa normatividade forçada.

Portanto, no contexto deste artigo, entendemos a identidade de gênero como a sua percepção sobre a sua existência em um dado contexto ambiental e social. Em outras palavras, como ela e, somente ela, interpreta seu próprio corpo e o reconhece como seu, com diferentes possibilidades para produzir o seu próprio gênero a partir de modificações corporais e performatividades, com ou sem auxílio de hormonização e intervenções médicas e cirúrgicas. Assim, definimos, de uma perspectiva matemática, o gênero  $G$  como o conjunto de todas as identidades de gênero possíveis dotado de relações que possibilitam inúmeras combinações que envolvem subjetividades, construções corporais, comportamentos, desejos, formas de expressão, formas de aliança, diferenciações, relações multiespécie etc.

Ao observarmos as relações humanas, podemos, de uma maneira simplificada, afirmar que o gênero atua em 3 escalas distintas. Primeiramente, de uma maneira intrínseca, como a identidade

5 Na matemática, uma bijeção, ou relação biunívoca, é uma correspondência entre elementos de dois conjuntos através da qual cada elemento de um dos conjuntos é pareado com um e apenas um elemento do outro e vice-versa. De uma maneira mais informal, podemos pensar que uma bijeção constitui um dicionário perfeito entre dois conjuntos.

6 Pseudo é um prefixo grego que significa falso. Assim, da justaposição de pseudo com bijeção, temos uma relação que parece colocar elementos de dois conjuntos como sinônimos, mas que, de fato, não o faz.



de gênero de uma pessoa,  $G_I$ . Em segundo lugar, de uma maneira externalizadora, como a forma através da qual uma pessoa expressa a sua identidade de gênero, denominada expressão de gênero,  $G_E$ . Finalmente, a maneira pela qual o gênero de uma pessoa é lido e observado pelas demais é denominada gênero observado,  $G_O$ . Apesar de correlacionadas, essas 3 escalas operam de maneira independente, de forma que uma pessoa que se identifique com o gênero  $x_1$ , possa se expressar de uma maneira associada com o gênero  $x_2$  e ser lida como pertencente ao gênero  $x_3$ , com  $x_1, x_2, x_3 \in G$  gêneros não necessariamente iguais.

Assim, o gênero observado depende de como a sociedade, em média, o interpreta, baseada em seus próprios preconceitos e normatividades. Nesse sentido, nas interações sociais, mais do que a identidade ou a expressão de gênero, é o gênero observado que importa: é ele que dita como a nossa sociedade generificada interage ou reage em relação a uma certa pessoa. Nessa perspectiva, gênero torna as pessoas visíveis e determina aquelas que podem ou não serem reconhecidas como vidas legítimas a depender de como expressam sua identidade de gênero (Butler, 2019).

Não obstante, como, de acordo com a nossa própria definição, o gênero é determinado por uma miríade de relações, é natural nos perguntarmos como tais relações influenciam, por sua vez, a percepção do gênero de outrem. Dentre elas, destacam-se as relações criadas pela atração sexual, afetiva ou romântica, que podem, dentro do *cistema*, tentar reproduzir uma relação estável entre sexo-gênero-desejo, como nos explica Judith Butler (2020), estabilidade esta que alimenta a cis-heteronormatividade e os binarismos de gênero. Por exemplo, um casal sáfico, formado por duas pessoas que se identificam como mulheres cis e/ou trans, mas das quais apenas uma performa a feminilidade de uma forma compatível com a convencionalizada por nossa sociedade cis-heteronormativa, não é incomum que a outra seja lida e, conseqüentemente, tratada como um “homem”. Outro exemplo: um casal heterossexual formado por um homem cis e uma mulher trans. Nesse caso, tanto o homem cis pode ser lido (e tratado, muitas vezes de forma jocosa) como um homem cis gay ou até mesmo uma mulher, enquanto a mulher trans, como um homem cis gay também.

Como se pode observar, nesse *cistema*, emprega-se o gênero como referência para classificar a sexualidade, o que termina por simplificar e homogeneizar relações que permitem múltiplas combinações que não se encaixam nessa suposta estabilidade.

Dessa forma, queremos, neste trabalho, explorar como emerge a questão não binária nesse complexo jogo antropológico-matemático no qual a sexualidade aparente de uma pessoa influencia o gênero observado e vice-versa. Para tanto, construímos um toy model a partir de uma formulação matemática do problema, abordagem inspirada pela mecânica quântica. Por um *toy*



*model* (Georgescu, 2012) entende-se um modelo matemático deliberadamente simplificado, com a omissão de diversos detalhes, para permitir uma descrição concisa dos mecanismos subjacentes ao processo de interesse. Veremos que, em interação, tanto o gênero quanto a sexualidade são desestabilizados, fazendo com que uma fenomenologia muito mais rica emergja.

## 2 Sexogênero dinâmica quântica<sup>7</sup>

Assim como em sistemas físicos, para podermos descrever as interações sociais, precisamos de três ingredientes básicos: estados, observáveis e dinâmica (Takhtajan, 2008). Por um estado, entendemos cada uma das configurações possíveis de um dado sistema. Por exemplo, num jogo de cara ou coroa, temos apenas esses dois estados disponíveis para a moeda. Já, um observável é qualquer grandeza que pode ser medida. No nosso exemplo, é a face da moeda que está visível após um lançamento. Contudo, a relação entre o estado e o resultado de uma medição sobre esse estado não é necessariamente tão direta como a simplicidade da bijeção “cara ou coroa” deixa transparecer. De fato, um estado precisa apenas fornecer as distribuições de probabilidade para os resultados de cada medição possível sobre o sistema. Em outras palavras, o estado fornece a descrição mais completa possível de um sistema, enquanto os observáveis extraem as informações que podem, mesmo que indiretamente, ser acessadas. Finalmente, por dinâmica, compreendemos a lei de evolução temporal, ou seja, como um dado estado evolui conforme deixamos um parâmetro, em geral, identificado com o tempo, passar.

Ao longo das próximas seções, exploramos em maiores detalhes as imbricações desses três conceitos fundamentais com as interações sociais mediadas por gênero e sexualidade. Cabe, contudo, um aviso de cuidado. Ao mobilizarmos ferramentas matemáticas para explorar e, eventualmente, tratar problemas de cunho antropológico é necessário abrir mão, pelo menos inicialmente, de certo rigor matemático. Por mais que a precisão seja algo deveras almejado no domínio da matemática, constitui, por sua vez, um entrave em seu desenvolvimento, como a própria história da física permite comprovar através de diversos momentos em que se fez necessária a introdução de estruturas ainda não muito bem definidas, mas que resolviam formalmente algum problema relevante. Um exemplo notório é o da função (ou melhor, distribuição) delta introduzida por Dirac como um análogo contínuo do delta de Kronecker (Dirac, 1927). No prefácio de seu

<sup>7</sup> No contexto da física contemporânea, teorias quânticas de campo fornecem a descrição matemática para três das quatro forças fundamentais da natureza: a gravitacional (que ainda não foi quantizada), a eletromagnética, a fraca e a forte, tendo seus nomes inspirados nas cargas relativas a tais forças. Assim, a eletrodinâmica quântica descreve a força eletromagnética que atua sobre cargas elétricas, a sabordinâmica quântica descreve a força fraca que atua sobre a carga de sabor e a cromodinâmica quântica descreve a força forte que atua sobre a carga cor. Procedendo de maneira similar, nomeamos a nossa teoria em função das cargas que tomamos fundamentais em sua descrição: a sexualidade e o gênero.



livro *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, von Neumann critica exatamente essa atitude “leniente” de Dirac, mas que permitiu um avanço significativo no entendimento da teoria quântica.

The method of Dirac [...] in no way satisfies the requirements of mathematical rigour -- not even if these are reduced in a natural and proper fashion to the extent common elsewhere in theoretical physics. For example, the method adheres to the fiction that each self-adjoint operator can be put in diagonal form. In the case of those operators for which this is not actually the case, this requires the introduction of ‘improper’ functions with self-contradictory properties. The insertion of such mathematical ‘fiction’ is frequently necessary in Dirac’s approach, even though the problem at hand is merely one of calculating numerically the result of a clearly defined experiment (Von Neumann, 1955, p.viii).

Assim, justificamos os eventuais momentos em que abrimos mão de certa precisão matemática, porque a ideia de pensar sobre algo, com seriedade e profundidade, significa olhar para esse algo a partir de ferramentas teóricas e metodológicas que ajudem a pensar, que sejam boas para pensar, mas que não limitem o pensar.

Compreender o processo de medida experimental, ou mais simplesmente medição, assume um papel central no desenvolvimento de qualquer teoria, visto que é ele que fornece os resultados a serem comparados com as previsões teóricas e, conseqüentemente, possibilitam a sua validação posterior. Mais explicitamente, por uma medição, entendemos qualquer coleção de procedimentos experimentais feitos sobre algum sistema com a intenção de quantificar alguma de suas propriedades (Takhtajan, 2008). Assim, envolve necessariamente a interação do sistema de interesse com algum aparato experimental. Nesse contexto, é importante mencionar que um dos rompimentos epistemológicos mais radicais proporcionados pela mecânica quântica reside exatamente na natureza do processo de medida experimental. Diferentemente do paradigma clássico, em que os efeitos do aparato experimental sobre o sistema podem ser feitos arbitrariamente pequenos a ponto de não interferirem em seu estado, mas sem afetar a precisão da medição, no caso quântico, qualquer interação que seja suficientemente forte para permitir uma medida precisa é necessariamente forte o suficiente para perturbar algum outro aspecto do sistema (Takhtajan, 2008). Portanto, torna-se impossível, do ponto de vista quântico, aprender qualquer coisa sobre um sistema sem alterá-lo profundamente.

Logo, de acordo com a interpretação de Copenhagen da mecânica quântica, não apenas somos incapazes de compreender o mundo sem interagir explicitamente com ele, como que qualquer interação deixa necessariamente marcas indeléveis no observado e no observador. Mais explicitamente, nas palavras do próprio Werner Heisenberg:

The observer has, rather, only the function of registering decisions, i.e., processes in space and time, and it does not matter whether the observer is an apparatus or a human being; but the registration, i.e., the transition from the “possible” to the “actual,” is absolutely



necessary here and cannot be omitted from the interpretation of quantum theory. At this point quantum theory is intrinsically connected with thermodynamics in so far as every act of observation is by its very nature an irreversible process; it is only through such irreversible processes that the formalism of quantum theory can be consistently connected with actual events in space and time (Heisenberg, 2000, p. 90).

Passa, então, a ser fundamental considerar explicitamente o papel do observador no processo de medição.

Segundo Kelly (2022), os processos de modelagem matemática podem colaborar para avanços no desenvolvimento de teorias antropológicas e suas metodologias. O antropólogo mostra que, desde as primeiras teorias clássicas, Malinowski, por exemplo, já se utilizava de instrumentos das ciências naturais para fazer sua etnografia sobre os trobriandeses. E que Claude Lévi-Strauss inspirava-se no sistema da “caixa preta”, elaborado na engenharia, para mapear relações entre termos e construir modelos estruturais para compreender os mitos e o parentesco no pensamento ameríndio. Kelly também mostra, em pesquisas mais contemporâneas, como diálogos com a teoria do caos e com a geometria fractal, estão presentes nas reflexões de Marilyn Strathern, Roy Wagner e Alfred Gell, por exemplo. Não nos aprofundaremos aqui em mostrar como esses diálogos têm sido feitos, o que demandaria mais investigações, mas apenas sugerir o quanto se revela potente realizar estes experimentos transdisciplinares que, no campo dos estudos de gênero e de sexualidade, tem sido exíguos sobretudo em esforços que envolvem debates entre a matemática, a física e as ciências humanas. Como discutiremos a seguir, de fato, é possível incorporar parte dos vieses e dos preconceitos culturais do observador na elaboração de um modelo matemático para processo de medição em termos de operadores de projeção. O que significa desvelar que nenhuma análise, em nenhuma disciplina, escapa, desafortunadamente, do *cistema*, mesmo quando fazemos modelos, fórmulas, equações e medidas.

Dessa forma, como em qualquer teoria física, um dos nossos principais objetivos é descrever o resultado de medições de um certo conjunto de observáveis relevantes em sistemas físico-sociais de interesse. De uma maneira mais concreta, seja  $O$  um observável e denote por  $\sigma(O)$  o conjunto de todos os valores possíveis resultantes de medições de  $O$ . Fixado um estado  $S$ , ou seja, mantendo as mesmas condições experimentais, medições repetidas de  $O$  não fornecem, necessariamente, o mesmo valor em  $\sigma(O)$ , assumindo, pois, um caráter aleatório (Takhtajan, 2008). Tal aleatoriedade pode estar relacionada com erros experimentais no processo de medição, com um conhecimento incompleto do sistema, ou até mesmo com características intrínsecas do sistema. Independentemente da origem, após uma sucessão, idealmente infinita, de medições de  $O$ , todas sob as mesmas condições experimentais correspondentes ao estado  $S$ , devemos obter uma distribuição estatística em  $\sigma(O)$  relacionada com o estado  $S$ . Portanto, uma teoria bem sucedida



deve ser capaz de associar ao par estado-observável  $(S, O)$  uma distribuição de probabilidades  $P_{S,O}$  que descreve uma sucessão de medições daquele estado naquele observável.

Mas, o que isso tudo tem a ver com gênero e sexualidade? Para podermos interagir com qualquer pessoa, fomos condicionadas a, inicialmente, adivinharmos o seu gênero, visto que, pelo menos no Ocidente, toda a interação interpessoal é mediada por uma linguagem com alguma marcação de gênero binária. Logo, saber se estamos falando com uma mulher ou um homem (cis ou trans), é necessário, por exemplo, para escolhermos adequadamente que pronomes empregaremos. Dessa forma, o gênero surge naturalmente como o observável relevante nesse processo de adivinhação. Afinal, dada uma pessoa arbitrária, fazemos uma medição cujo resultado tem, *a priori*, duas opções: homem ou mulher. Dada a prevalência cultural da binariedade cisnormativa, é natural supormos que os gêneros homem e mulher assumam um papel privilegiado no processo de atribuir um gênero a outrem. Trata-se de um dos preconceitos culturais que serão incorporados em nossa análise. Por outro lado, neste artigo, não estamos interessadas nos detalhes de como essa atribuição de gênero ocorre, basta que saibamos qual atribuição foi feita. Nas palavras de José Antonio Kelly (2022), é suficiente sabermos “o que o sistema faz e, para todos os propósitos de modelagem, isso é o que o sistema é”. Dessa forma, trataremos o nosso observador como uma caixa preta.

Contudo, nem sempre dois observadores concordam com o gênero que atribuem a uma dada pessoa em uma determinada situação, assim como esse gênero atribuído não corresponde necessariamente à identidade de gênero dessa dada pessoa. Portanto, dado um conjunto suficientemente grande de observadores independentes, podemos construir uma distribuição de probabilidade para o gênero observado em uma determinada situação. Em outras palavras, a probabilidade dessa pessoa ser lida como homem ou como mulher. Consequentemente, nesse contexto, podemos afirmar que o gênero observado é um observável e homem e mulher são dois estados possíveis.

Uma das maneiras de formalizar essa relação entre estado, observável, valores mensurados e distribuições de probabilidade é através da Teoria Espectral, de uma forma muito semelhante ao que foi feito na formulação matemática da Mecânica Quântica (Blanchard; Brüning, 2015; Hall, 2013). Em suma, ela fornece um arcabouço matemático que permite, dado um estado e um observável, calcularmos os valores que podemos obter em uma medição experimental bem como suas respectivas probabilidades. De uma maneira mais técnica, ao explorarmos as consequências do Teorema Espectral (Blanchard; Brüning, 2015; Hall, 2013), somos capazes de associar a um



operador linear autoadjunto  $O$ ,<sup>8</sup> atuando sobre um espaço de Hilbert  $\mathcal{H}$ , um espectro real,  $\sigma(O) \subseteq \mathbb{R}$ , e uma resolução espectral,  $O = \sum_{\lambda \in \sigma(O)} \lambda P_\lambda$  (1) em que  $P_\lambda$  denota formalmente o projetor sobre o subespaço de autovetores de  $O$  com autovalor  $\lambda \in \sigma(O)$ .<sup>9</sup> Com isso, podemos entender os resultados das medições individuais do observável  $O$  como os elementos de seu espectro  $\sigma(O)$ <sup>10</sup> e, a partir de sua resolução espectral, obter as distribuições de probabilidade associadas à sua medição em um dado estado  $\psi \in \mathcal{H}$ . Portanto, para levarmos adiante tal programa, é razoável supormos que podemos representar o gênero de uma pessoa por vetores em um espaço de Hilbert e os observáveis, tal como o gênero observado, por operadores lineares autoadjuntos atuando sobre esse espaço de Hilbert.

É importante ressaltar que o uso de espaços de Hilbert e operadores autoadjuntos no contexto de teorias antropológicas não é novidade. Remonta pelo menos à axiomatização dos sistemas de parentesco iniciada por Andre Weil e Claude Lévi-Strauss no final da década de 1940 e incorporada nos trabalhos de Paul Ballonof (1976). Por outro lado, uma abordagem geométrica nos parece muito mais recente, fruto de uma discussão que visa escapar da simplicidade exagerada de um binário de gênero, mas sem se limitar explicitamente pela próxima aproximação que seria a de um espectro unidimensional (Balsells, 2022; Costa; Lugarinho, 2022).

## 2.1 Gênero

Começemos, então, com uma definição concreta de espaço de gênero que nos permita incorporar matematicamente alguns dos pressupostos fundamentais da teoria da performatividade

<sup>8</sup> Na matemática, um operador é uma função  $O$  que atua sobre elementos do espaço  $U$  para produzir elementos do espaço  $V$ , mais sucintamente, em notação matemática, escrevemos  $O: U \rightarrow V$ . Estamos, particularmente, interessados no caso em que  $U$  e  $V$  são espaços vetoriais, ou seja, conjuntos cujos elementos denominados vetores podem ser somados entre si e multiplicados por escalares (elementos de um corpo como o dos números reais ou dos números complexos). Espaços vetoriais generalizam a noção de vetores euclidianos, usualmente empregados para representar quantidades físicas como força ou velocidade que, além de magnitude, possuem direção e sentido. Assim, de uma maneira informal, um vetor é a generalização do conceito de seta, ou seja, um segmento de reta orientado. Com isso, podemos entender um operador linear como aquele que, atuando entre dois espaços vetoriais  $U$  e  $V$ , preserva as operações de soma vetorial e multiplicação por escalar definidas nesses espaços vetoriais.

Além disso, podemos equipar os espaços vetoriais com uma operação adicional denominada produto interno, que permite a generalização de conceitos geométricos como distância e ângulos. Em outras palavras, em um espaço vetorial dotado de um produto interno, somos capazes de introduzir de uma maneira natural uma forma de se medir o comprimento das setas e os ângulos que elas fazem entre si. Se um espaço vetorial dotado de um produto interno for completo, isto é, contiver todos os seus pontos limites, ele é dito um espaço de Hilbert. Finalmente, um operador autoadjunto é um operador linear atuando sobre (e produzindo elementos de) um espaço vetorial dotado de um produto interno que coincide com o seu adjunto. Trata-se de uma hipótese técnica cujo principal intuito é garantir a existência da decomposição espectral, portanto, não entraremos em maiores detalhes. No contexto do presente artigo, em que lidamos explicitamente apenas com espaços de dimensão finita, os operadores podem ser representados por matrizes, de forma que o adjunto de uma matriz corresponde ao complexo conjugado de sua transposta.

<sup>9</sup> Um autovetor de um operador linear é um vetor não nulo que é levado a um múltiplo escalar de si próprio pela ação desse operador linear. Tal múltiplo escalar é denominado autovalor. O espectro de um operador linear é então a noção que generaliza o conjunto de seus autovalores. Todo operador autoadjunto admite uma decomposição espectral, ou seja, pode ser escrito como uma soma de operadores que projetam sobre seus autovetores (projetores espectrais) ponderada pelos respectivos autovalores.

<sup>10</sup> Aqui, o fato de garantirmos que os elementos do espectro sejam necessariamente números reais é fundamental, visto que o resultado de qualquer medição experimental é sempre um número real.



de gênero, como a não permanência e a dependência no contexto em que é produzido. Nesse aspecto, conforme afirma Cristina Balsells (2022, p. 149):

La teorización del género desde la teoría feminista, ha estado pensada no como una propiedad inmutable de las personas sino como consecuencia de un marco interpretativo patriarcal. Así pues, la física cuántica puede suponer, por sus implicaciones en la forma de entender la realidad, un marco teórico útil a la hora de hablar del género, y se pueden establecer relaciones entre la materia descrita por las teorías cuánticas, sus dinámicas e interacciones, y los sujetos descritos por las teorías feministas, sus dinámicas e interacciones.

Desse modo, é possível mobilizar as mesmas ferramentas teóricas envolvidas na formulação da mecânica quântica. Portanto, no que se segue revisitamos os postulados de Dirac-von Neumann para a mecânica quântica, especializando-os e os contextualizando para a discussão do gênero observado (Hall, 2013; Takhtajan, 2008).

**Definição 1:** “Seja  $\mathcal{H}_G$  um espaço de Hilbert separável sobre o corpo dos números complexos denominado espaço de gênero. Então o gênero de uma pessoa, em um dado instante de tempo fixo, é representado pela classe de equivalência de um dado vetor  $\Psi \in \mathcal{H}_G$ ,  $[\Psi] = \{\psi \in \mathcal{H}_G | \psi = a\Psi, \forall a \in \mathbb{C}\}$ ,<sup>11</sup> (2) denominado estado de gênero”.

Nesse contexto, consideramos uma pessoa como nosso sistema de interesse e o gênero observado em um instante fixo de tempo como a grandeza física a ser modelada. Fixar um instante de tempo implica, entre outras coisas, o caráter instantâneo e não perene daquela observação, que, como uma fotografia, retrata apenas aquele momento sem, *a priori*, afirmar nada sobre o sistema em momentos passados ou futuros. Em outras palavras, o nosso conhecimento sobre o sistema fica restrito aos instantes da observação e não podemos afirmar nada além de, como veremos posteriormente, distribuições de probabilidades entre elas.

Dessa forma, partimos desde o início de um conceito de gênero fluido, ou seja, que não é fixo, mas que admite variações ao longo da vida de uma pessoa. Convencionamos utilizar como representante de  $[\Psi]$  o vetor normalizado  $\psi$ , ou seja, aquele cuja norma induzida pelo produto interno de  $\mathcal{H}_G$  é unitária, i.e.,  $\|\psi\|=1$ <sup>12</sup>. Quanto à exigência de separabilidade, trata-se apenas de

<sup>11</sup> Ingenuamente, pensaríamos em definir o estado (de gênero) de um sistema como um vetor no espaço de Hilbert. Contudo, a natureza probabilística de nossas medições não permite que diferenciamos experimentalmente o vetor  $\psi \in \mathcal{H}_G$  do vetor  $a\psi$ , para qualquer número complexo  $a$ , motivando-nos a tomá-los como o mesmo estado. Temos, pois, uma relação de equivalência entre todos os vetores que diferem por apenas um múltiplo escalar e que por isso são agrupados em um mesmo conjunto (classe de equivalência) que empregamos para representar um estado. Dessa forma, podemos pensar num estado como uma direção no espaço de Hilbert.

<sup>12</sup> A norma é exatamente a função (nesse caso, construída a partir do produto interno) que nos permite calcular comprimentos. Como os estados são definidos apenas por sua direção, tanto faz qual dos vetores ao longo dessa direção empregamos para fazer as contas. Nesse caso, é computacionalmente conveniente escolher o vetor de tamanho unitário.



uma hipótese matematicamente conveniente, pois, fisicamente, corresponde ao fato de que basta uma quantidade contável de medições para se determinar univocamente um estado.

De posse de um espaço de (estados de) gênero  $\mathcal{H}_G$ , podemos representar os observáveis físico-sociais de interesse como operadores lineares autoadjuntos. Cabe enfatizar, contudo, que os observáveis não correspondem matematicamente ao ato da medição. Em outras palavras, atuar com um observável sobre um estado não é a mesma coisa que a sequência de procedimentos experimentais que permitem, por exemplo, determinar o gênero de uma pessoa. Não obstante, ambos estão intimamente relacionados, pois, a partir da ação de um observável sobre um estado, podemos calcular os possíveis resultados de uma observação bem como suas respectivas probabilidades.

**Definição 2:** “Um observável é representado por um operador linear autoadjunto  $O: D(O) \subseteq \mathcal{H}_G \rightarrow \mathcal{H}_G$ <sup>13</sup> cujo espectro  $\sigma(O) \subseteq \mathbb{R}$  corresponde aos possíveis resultados das medições de tal observável.”

Da nossa discussão anterior, temos que o observável relevante no processo de atribuição de gênero a uma pessoa é o gênero observado,  $G_O: \mathcal{H}_G \rightarrow \mathcal{H}_G$ . Seu espectro deve, então, coincidir com os valores obtidos ao lermos o gênero de uma pessoa. Em uma sociedade em que opera a pseudobição sexo-gênero, existem apenas dois gêneros que são socialmente inteligíveis. Acompanhando as reflexões de Butler (2020), essa inteligibilidade constitui e retroalimenta as normatividades de gênero e de sexualidade.

A matriz cultural por meio da qual a identidade de gênero se torna inteligível exige que certos tipos de ‘identidade’ não possam ‘existir’ – isto é, aqueles em que o gênero não decorre do sexo e aqueles em que as práticas do desejo não ‘decorrem’ nem do ‘sexo’ nem do ‘gênero’. Nesse contexto, ‘decorrer’ seria uma relação política de direito instituído pelas leis culturais que estabelecem e regulam a forma e o significado da sexualidade. Ora, do ponto de vista desse campo, certos tipos de ‘identidade de gênero’ parecem ser meras falhas do desenvolvimento ou impossibilidades lógicas, precisamente por não se conformarem às normas da inteligibilidade cultural (Butler, 2020, p. 44).

Portanto, homem e mulher constituem dois gêneros socialmente distinguíveis, de forma que é razoável supor que os seus respectivos autovalores:  $\{\gamma_H, \gamma_M\} \subseteq \sigma(G_O) \subseteq \mathbb{R}$  (3) sejam distintos,  $\gamma_H \neq \gamma_M$ . Em particular, podemos supor sem perda de generalidade que  $\gamma_H = 1$  e  $\gamma_M = -1$ , fato que será empregado explicitamente a seguir para simplificar significativamente os cálculos.<sup>14</sup> Logo, pelo Teorema Espectral,  $G_O$  possui pelo menos dois autovetores  $\psi_H$  e  $\psi_M$  ortogonais tais

13  $D(O)$  representa o domínio de definição do operador  $O$ , ou seja, o conjunto de vetores sobre os quais sabemos avaliar a sua ação. De uma maneira geral, não é necessário que a ação de um operador esteja definida para todos os vetores de um espaço

14 Tal escolha, apesar de não ter nenhum impacto sobre os resultados apresentados no presente trabalho, é remanescente da polarização observada nos gêneros binários como denunciada, por exemplo, pelo sexismo tradicional de Julia Serano (Serano, 2007). Suas consequências serão exploradas oportunamente em outra publicação



$$\begin{aligned} \text{que:}^{15} \quad G_O \psi_H &= \gamma_H \psi_H, \\ G_O \psi_M &= \gamma_M \psi_M \end{aligned} \quad (4)$$

Consequentemente, podemos afirmar que a dimensão de  $\mathcal{H}_G$  é pelo menos 2.<sup>16</sup>

Para simplificar essa discussão inicial, restringiremo-nos<sup>17</sup>, pois, ao subespaço bidimensional  $\mathcal{H}_G^{(2)}$  gerado pelo conjunto ortonormal  $\mathcal{B}_{jC} = \{\psi_H, \psi_M\}$ , que, doravante, denominaremos de base judaico-cristã. Tal restrição não implica, contudo, a impossibilidade da existência de outros gêneros, conquanto possam ser expressos através de combinações lineares dos elementos da base. Por outro lado, dado que só dispomos do gênero observado com respeito à base judaico-cristã, esses outros gêneros se tornam socialmente ininteligíveis, posto que somos capazes apenas de observar suas projeções ao longo das direções definidas pelos autovetores correspondendo a homem e a mulher. Assim, de acordo com a nossa premissa, capturamos parte dos preconceitos culturais dos observadores ao privilegiarmos tais gêneros no processo de medição. Ademais, o Teorema Espectral fornece a seguinte resolução espectral da restrição de  $G_O$  a  $\mathcal{H}_G^{(2)}$ :  $G_O = \gamma_H P_H + \gamma_M P_M$  (5) em que  $P_H, P_M: \mathcal{H}_G \rightarrow \mathcal{H}_G$  são, respectivamente, os projetores ortogonais sobre os subespaços gerados por  $\psi_H$  e  $\psi_M$ . Com respeito à base  $\mathcal{B}_{jC}$ , temos a seguinte representação matricial de  $G_O$ :

$$G_O = \begin{pmatrix} \gamma_H & 0 \\ 0 & \gamma_M \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Agora, empregando a Teoria Espectral, podemos associar uma medida de probabilidade aos valores do observável  $O$  atuando em qualquer estado  $\psi \in \mathcal{H}_G$ .

**Definição 3:** “Seja um estado do sistema representado por um vetor normalizado  $\psi \in D(O) \subseteq \mathcal{H}_G$ , então ao efetuarmos uma medição do observável  $O$ , a probabilidade de obtermos o valor  $\lambda \in \sigma(O)$  é dada pelo seguinte produto interno:  $p_\lambda = \langle \psi, P_\lambda \psi \rangle$ . (7). Já, o valor médio ou esperado de uma medição de  $O$  é:

$$\langle O \rangle_\psi = \langle \psi, O \psi \rangle = \sum_{\lambda \in \sigma(O)} \lambda p_\lambda, \quad (8) \text{ com } p_\lambda > 0 \text{ e } \sum_{\lambda \in \sigma(O)} p_\lambda = 1.^{18}$$

15 Dois vetores são ortogonais (ou perpendiculares) se o seu produto interno se anula, ou em outras palavras, se a projeção de um no outro (e do outro no um) se anula.

16 Dois vetores ortogonais correspondem a direções perpendiculares que, por sua vez, geram um plano.

17 Ao nos restringirmos a esse subespaço bidimensional, estamos efetivamente considerando um sistema de dois níveis. Trata-se do sistema quântico não trivial mais simples de interesse, que permite, por exemplo, ilustrar diversos fenômenos fundamentais como a superposição, a interferência e (des)estabilização de estados de uma maneira analítica. É nesse sentido que iniciamos a construção do nosso *toy-model* com o intuito de capturar as fenomenologias relativas ao gênero (e, posteriormente, à sexualidade) de uma maneira simples o suficiente que permita não apenas tratarmos o problema analiticamente, quanto capturarmos a sua essência. O exemplo canônico de um sistema de dois níveis é dado pelos níveis energéticos de uma partícula de spin  $1/2$ .



É exatamente esse postulado que estabelece explicitamente a conexão entre teoria e experimento, ao ensinar-nos como determinar os possíveis resultados de uma observação bem como suas respectivas probabilidades. Assim, se uma pessoa tem o seu gênero descrito pelo vetor unitário:<sup>18</sup>  $\psi = \alpha_H \psi_H + \alpha_M \psi_M \in \mathcal{H}_G^{(2)}$ ,  $\alpha_H, \alpha_M \in \mathbb{C} \mid |\alpha_M|^2 + |\alpha_H|^2 = 1$ . (10) a probabilidade de ela ser lida como homem (correspondendo à leitura do autovalor  $\gamma H$  em seu “aparato experimental”) é:  $p_{\gamma H} = |\langle \psi, \psi_H \rangle|^2 = |\alpha_H|^2$ . (11) e de ela ser lida como mulher (correspondendo à leitura do autovalor  $\gamma M$  em seu “aparato experimental”):  $p_{\gamma M} = |\langle \psi, \psi_M \rangle|^2 = |\alpha_M|^2$ . (12).

Note, em particular, que se essa pessoa se encontrar em um dos autovetores do operador de gênero observado, ela será lida com 100% de probabilidade como pertencente ao gênero representado por tal autovetor. Mais explicitamente, se, em (10),  $\alpha_H=1$  e  $\alpha_M=0$ , essa pessoa será lida necessariamente como um homem e, reciprocamente, se  $\alpha_H=0$  e  $\alpha_M=1$ , como uma mulher.

Portanto, quando atribuímos um gênero a uma dada pessoa, efetuamos uma medição do observável representado por  $G_O$ , e obtemos um único resultado, que, no caso sob análise, corresponde ou a homem ( $\gamma H$ ) ou a mulher ( $\gamma M$ ). Em particular, uma vez feita essa atribuição, a nossa percepção do gênero de outrem não muda, a menos que novas informações sejam fornecidas. Em outras palavras, se em um dado contexto, lemos uma pessoa como uma mulher, enquanto estivermos nesse mesmo contexto, todas as leituras subsequentes de seu gênero serão a mesma, ou seja, mulher. Além disso, numa interação social, comunicamos explícita ou implicitamente as nossas leituras para os gêneros de nossos interlocutores, conseqüentemente, induzindo-os a concordarem com a nossa atribuição inicial. Motivamos, então, a seguinte definição.

**Definição 4:** “Seja um estado do sistema representado por  $\psi \in D(O) \subseteq \mathcal{H}_G$ . Se em uma medição do observável  $O$ , obtivermos o resultado  $\lambda \in \sigma(O)$ , então o estado do sistema imediatamente após tal medição corresponde à projeção normalizada de  $\psi$  no subespaço associado a  $\lambda$ , ou seja,

$$\psi \xrightarrow{\lambda} \frac{P_\lambda \psi}{\sqrt{\langle \psi, P_\lambda \psi \rangle}}. \quad (13).$$

Em outras palavras, esse postulado demanda que, após uma medição, o sistema colapsa aleatoriamente para um dos autovetores do observável mensurado de acordo com as probabilidades dadas pela **Definição 3**. Garantindo, pois, que, logo após uma medição de  $G_O$ , todas as medições subsequentes de  $G_O$  realizadas em instantes próximos fornecerão o mesmo resultado. Note, em

<sup>18</sup> De acordo com a nossa discussão anterior, o estado de gênero mais geral em que uma pessoa pode se encontrar é dado pela combinação linear (10), que corresponde a uma superposição dos vetores da base judaico-cristã.



particular, que a **Definição 4**, restringe apenas as observações realizadas imediatamente após uma medição, não nos permitindo afirmar, em geral, nada sobre o estado do sistema depois de passado um tempo significativo, situação na qual o sistema deve evoluir de acordo com a lei dinâmica. De acordo com Hall (2013, p. 68), “Paul Dirac has described the collapse of the wave function as being not a discontinuous change in the state of the system, but a discontinuous change in our knowledge of the state of the system”.

Naturalmente, caso a pessoa do exemplo acima comunique de alguma forma, seja explicitamente ou através da flexão no masculino, que deseja ser tratada como um homem, ocorreu uma alteração do contexto e, conseqüentemente, do estado em que essa pessoa se encontra. Portanto, um resultado diferente pode ser obtido em uma medição subsequente sem que violemos a **Definição 4**.

## 2.2 Sexualidade

Podemos fazer uma construção semelhante para a sexualidade, que determina a forma como nos relacionamos socialmente. De fato, apesar da sexualidade também ser uma característica passível apenas de autodeterminação, em nossas interações sociais, tentamos ativamente adivinhá-la, por exemplo, para determinar possíveis parceiros sexuais. Assim, também podemos representá-la por um vetor em um espaço de Hilbert adequado e empregar operadores lineares autoadjuntos para modelar matematicamente o processo de medição correspondendo à adivinhação da sexualidade.

**Definição 5:** “Seja  $\mathcal{H}_S$  um espaço de Hilbert separável sobre o corpo dos números complexos denominado espaço de sexualidade. Então a sexualidade de uma pessoa, em um dado instante de tempo fixo, é representada pela classe de equivalência de um dado vetor  $\phi \in \mathcal{H}_S$ ,  $[\Phi] = \{\phi \in \mathcal{H}_S | \phi = a\Phi, \forall a \in \mathbb{C}\}$  (14) denominada como estado de sexualidade”.

Similarmente, ao tomarmos a sexualidade em um instante fixo de tempo, estamos admitindo de antemão a possibilidade de a atração ser algo fluido, possivelmente variando ao longo da vida de uma pessoa. Convencionamos também empregar como representante de  $[\Phi]$  o vetor  $\phi$  cuja norma induzida pelo produto interno de  $\mathcal{H}_S$  seja unitária, i.e.,  $\|\phi\|=1$ . As **Definições 2, 3 e 4** admitem uma extensão imediata para o caso de operadores atuando em  $\mathcal{H}_S$ .

Nesse caso, temos que o observável relevante no processo de adivinhação da sexualidade de uma pessoa é a sexualidade observada,  $S_f: \mathcal{H}_S \rightarrow \mathcal{H}_S$ . Seu espectro deve, então, coincidir com os valores obtidos ao lermos a sexualidade de uma pessoa. Como, em nossa sociedade, distinguimos



pessoas heterossexuais das pessoas homossexuais é razoável supor que os respectivos autovalores:  $\{\zeta_{Het}, \zeta_{Hom}\} \subseteq \sigma(S_1) \subseteq \mathbb{R}$  (15) sejam distintos,  $\zeta_{Het} \neq \zeta_{Hom}$ . Novamente, supomos sem perda de generalidade que  $\zeta_{Het} = 1$  e  $\zeta_{Hom} = -1$ .<sup>19</sup> Logo, pelo Teorema Espectral,  $S_1$  possui pelo menos dois autovetores ortogonais  $\phi_{Het}, \phi_{Hom} \in \mathcal{H}_S$  tais que:

$$\begin{aligned} S_1 \phi_{Het} &= \zeta_{Het} \phi_{Het}, \\ S_1 \phi_{Hom} &= \zeta_{Hom} \phi_{Hom}. \end{aligned} \quad (16).$$

Consequentemente, podemos afirmar que a dimensão de  $\mathcal{H}_S$  é pelo menos 2. Para simplificar essa discussão inicial, restringiremo-nos, pois, ao subespaço bidimensional  $\mathcal{H}_S^{(2)}$  gerado pelo conjunto ortonormal  $\mathcal{B}_1 = \{\phi_{Het}, \phi_{Hom}\}$ , que, doravante, denominaremos de base monossexual. Similarmente, o Teorema Espectral fornece a seguinte resolução espectral de  $S_1$  restrito a  $\mathcal{H}_S^{(2)}$ :  $S_1 = \zeta_{Het} P_{Het} + \zeta_{Hom} P_{Hom}$ . (17).

Em que  $P_{Het}, P_{Hom}: \mathcal{H}_S \rightarrow \mathcal{H}_S$  são, respectivamente, os projetores ortogonais sobre os subespaços gerados por  $\phi_{Het}$  e  $\phi_{Hom}$ .

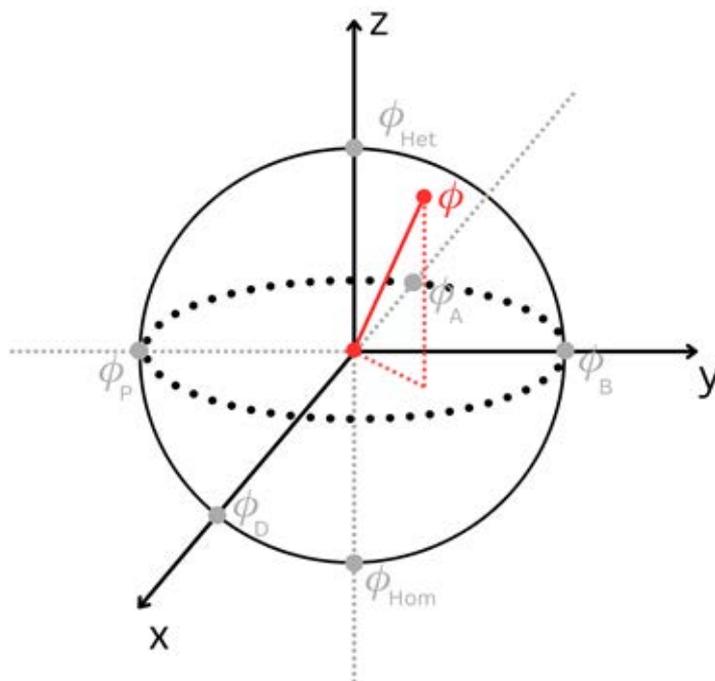
Contudo, mesmo se nos restringirmos ao sistema de dois níveis  $\mathcal{H}_S(2)$ , temos que incorporar em nossa descrição a fenomenologia relativa às multissexualidades e às assexualidades. Para tanto, podemos considerar que as orientações monossexuais, multissexuais e assexuais correspondam a orientações distintas de nossa percepção das sexualidades baseadas em nossos próprios preconceitos e vieses. Em outras palavras, podemos entender que alinhamos as nossas percepções ao longo de três eixos mutuamente ortogonais, um para cada dimensão da sexualidade, como ilustrado na Figura 1. Em termos mais matemáticos, estamos considerando a representação do operador de sexualidade observada em termos de escolhas distintas para a base de  $\mathcal{H}_S^{(2)}$ .

Assim, da mesma forma que para as orientações monossexuais (heterossexual e homossexual) introduzimos o operador  $S_1: \mathcal{H}_S^{(2)} \rightarrow \mathcal{H}_S^{(2)}$ , consideramos os operadores lineares autoadjuntos:

<sup>19</sup> Novamente, tal escolha não tem nenhum impacto sobre os nossos resultados, refletindo, por ora, apenas de maneira inconsequente a heteronormatividade de nossa sociedade. Não obstante, esperamos em um trabalho posterior, explorar sua consequência para o ordenamento de corpos.



**Figura 1:** Esfera Bloch para a sexualidade observada. A esfera de Bloch corresponde a uma representação geométrica dos estados para um sistema de dois níveis, em que cada eixo coordenado representa no nosso caso uma possível orientação da nossa percepção da sexualidade. Notadamente, o *eixo x* corresponde às assexualidades, o *eixo y*, às multissexualidades e o eixo *z*, às monossexualidades. Dois pontos antipodais sobre a esfera, por exemplo  $\phi_{Het}$  e  $\phi_{Hom}$ , representam um par de vetores mutuamente ortogonais, ou, em outras palavras, os autovetores de alguma orientação do operador de sexualidade observada. Já o vetor  $\phi$  representa uma sexualidade arbitrária que pode ser compreendida como alguma combinação linear dos vetores da base  $\mathcal{B}_0$  ou  $\mathcal{B}_1$  ou  $\mathcal{B}_2$ , cuja escolha depende apenas de como desejamos analisar o problema.



Fonte: elaboração própria.

- $S_2: \mathcal{H}_S^{(2)} \rightarrow \mathcal{H}_S^{(2)}$  para as multissexualidades, com os autovalores distintos  $\zeta_B=1, \zeta_P=-1 \in \sigma(S_2) \subseteq \mathbb{R}$  correspondendo, respectivamente, à bissexualidade e à pansexualidade;
- $S_0: \mathcal{H}_S^{(2)} \rightarrow \mathcal{H}_S^{(2)}$  para as assexualidades, com os autovalores distintos  $\zeta_A=1, \zeta_D=-1 \in \sigma(S_0) \subseteq \mathbb{R}$  correspondendo, respectivamente, à assexualidade e à demissexualidade.

Portanto, o Teorema Espectral garante a existência de (pelo menos) outras duas bases ortonormais para  $\mathcal{H}_S^{(2)}$ ,  $\mathcal{B}_2 = \{\phi_B, \phi_P\}$  e  $\mathcal{B}_0 = \{\phi_A, \phi_D\}$ , constituídas, respectivamente, pelos autovetores de  $S_2$  e  $S_0$ . Em particular, a nossa construção garante que as três bases,  $\mathcal{B}_0, \mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2 \subseteq \mathcal{H}_S^{(2)}$ , estão relacionadas por transformações unitárias<sup>20</sup> e que os operadores lineares autoadjuntos  $S_0, S_1, S_2: \mathcal{H}_S^{(2)} \rightarrow \mathcal{H}_S^{(2)}$  não comutam entre si,  $[S_i, S_j] = S_i S_j - S_j S_i \neq 0$ , se  $i \neq j$  com  $i, j = 0, 1, 2$ . (18).

<sup>20</sup> Uma transformação unitária é uma função bijetora entre dois espaços vetoriais dotados de um produto interno, como os espaços de Hilbert que empregamos no presente trabalho, que preserva os produtos internos e, conseqüentemente, as distribuições de probabilidade. Dessa forma, podemos entendê-las como mudanças de perspectiva (que, em termos matemáticos, correspondem a mudanças de base) na observação dos fenômenos de interesse.



O fato de dois operadores de sexualidade observada alinhados ao longo de direções distintas no espaço de sexualidade não comutarem tem consequências não triviais para o processo de medição relacionadas com o princípio da incerteza. De fato, dois operadores que não comutam entre si não possuem uma base simultânea de autovetores (Hall, 2013). Logo, à luz da **Definição 4**, é impossível realizar uma medição simultânea dos respectivos observáveis. Em outras palavras, surge uma limitação fundamental na determinação do nosso conhecimento sobre um dado sistema. Assim, ou sabemos como a sexualidade de uma pessoa se comporta com respeito a, digamos, o eixo das monossexualidades, ou com respeito ao das multissexualidades. É impossível saber as duas coisas simultaneamente. Dessa forma, dizemos que os operadores  $S_0, S_1, S_2$  são incompatíveis.

Para maior clareza da exposição seguinte, façamos, sem grandes perdas de generalidade, a hipótese técnica de que uma pessoa que se identifica como assexual, bissexual, demissexual ou pansexual tenha iguais probabilidades de ser lida como heterossexual e homossexual,  $|\langle \phi_i, \phi_j \rangle|^2 = \frac{1}{2}, i \in \{B, P, A, D\}, j \in \{Het, Hom\}$ . (19)

Com isso, podemos determinar a decomposição dos vetores das bases  $\mathcal{B}_0$  e  $\mathcal{B}_2$  em termos de  $\mathcal{B}_1$ :

$$\begin{aligned} \phi_B &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\phi_{Het} + \phi_{Hom}), \\ \phi_P &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\phi_{Het} - \phi_{Hom}), \\ \phi_A &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\phi_{Het} + i\phi_{Hom}), \\ \phi_D &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\phi_{Het} - i\phi_{Hom}). \end{aligned} \quad (20)$$

bem como a representação dos operadores  $S_0, S_1, S_2: \mathcal{H}_S^{(2)} \rightarrow \mathcal{H}_S^{(2)}$  em termos da base  $\mathcal{B}_1$ :

$$S_0 = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, S_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, S_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (21).$$

Tal escolha corresponde à representação geométrica exibida na Figura 1. Vale ressaltar que, ao abrirmos mão de tal hipótese técnica, teremos apenas expressões mais complicadas para as decomposições e representações acima, que, por sua vez, corresponderiam a uma escolha de eixos não mutuamente ortogonais. Além disso, é importante notar que escrever, por exemplo, o estado bissexual  $\phi_B$  como a superposição dos estados heterossexual  $\phi_{Het}$  e homossexual  $\phi_{Hom}$  dada pela equação (21) não significa que uma pessoa bissexual seja 50% heterossexual e 50% homossexual. De fato, a equação (21) implica apenas que uma pessoa bissexual, quando lida sob a perspectiva das monossexualidades, será reconhecida metade das vezes como uma pessoa heterossexual e, na outra metade, como homossexual.

Ao reconhecermos que os operadores de sexualidade observada  $S_0, S_1, S_2: \mathcal{H}_S^{(2)} \rightarrow \mathcal{H}_S^{(2)}$



são, com respeito à base  $\mathcal{B}_1$ , representados pelas matrizes de Pauli, podemos concluir que eles correspondem, de uma maneira geral, aos geradores de  $\mathfrak{su}(2)$ , cujo elemento genérico  $S_n = n_0 S_0 + n_1 S_1 + n_2 S_2$  (22) representa como uma pessoa arbitrária percebe as sexualidades alheias através de seus próprios preconceitos e vieses capturados pelo vetor unitário  $n = (n_0, n_1, n_2) \in \mathbb{R}^3$ . Com isso exaurimos todas as possíveis sexualidades distintas abarcadas pela restrição ao subespaço bidimensional  $\mathcal{H}_S^{(2)} \subseteq \mathcal{H}_S$ .

Finalmente, como a dimensão de  $\mathcal{H}_S^{(2)}$  é a mesma que a de  $\mathcal{H}_G^{(2)}$ , é possível reformular a descrição das sexualidades sem ter que fazer uma referência explícita ao gênero da própria pessoa, mas apenas aos gêneros pelos quais ela se atrai. Para tanto, bastaria construir um isomorfismo entre  $\mathcal{B}_1$  e  $\mathcal{B}_S = \{\phi_{ApH}, \phi_{ApM}\}$ , em que  $\phi_{ApH}$  representaria pessoas que se atraem por homens e  $\phi_{ApM}$  pessoas que se atraem por mulheres.

### 2.3 Dinâmica

Nas duas últimas sessões, introduzimos dois dos ingredientes fundamentais para a formulação de uma teoria das interações sociais envolvendo o gênero e a sexualidade, a saber, os estados e os observáveis relevantes. Resta, pois, que discorramos sobre a dinâmica do sistema.

Em um sistema fechado<sup>21</sup>, esperamos que os estados (como vetores em um espaço de Hilbert) sejam funções contínuas de um parâmetro temporal, ou seja,  $\psi: \mathcal{H} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathcal{H}$ . Assim, se soubermos o estado do sistema em um dado instante de tempo  $t_0 \in \mathbb{R}$ , as leis de movimento devem determinar em que estado o sistema se encontrará em um instante de tempo  $t \in \mathbb{R}$  posterior. Portanto, para estudar a dinâmica de um sistema, precisamos construir um operador linear, bijetor  $U_{(t,t_0)}: \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{H}$ , doravante denominado operador de evolução temporal, tal que sua ação sobre o estado do sistema em  $t_0$  o desloque temporalmente para o instante  $t$ :  $\psi(t) = U(t, t_0)\psi(t_0)$  (23).

Para que esse operador implemente uma evolução temporal contínua<sup>22</sup>,  $\lim_{t \rightarrow 0} U(t + t_0, t_0)\psi = \psi, \forall \psi \in \mathcal{H}, \forall t_0 \in \mathbb{R}$  (24) homeomórfica<sup>23</sup>,  $U(t_2, t_1)U(t_1, t_0) = U(t_2 + t_1, t_0), \forall t_0, t_1, t_2 \in \mathbb{R}$  e que conserve a informação, ao preservar os produtos internos e, conseqüentemente, a probabilidade, ele deve ser um elemento de um grupo

<sup>21</sup> No contexto da mecânica quântica, entende-se um sistema fechado (ou isolado) como aquele que não troca informação, isto é, energia ou matéria, com qualquer outro sistema. Trata-se, naturalmente, de uma idealização impossível de ser atingida em qualquer arranjo experimental, mas que, apesar dessa limitação, mostrou-se particularmente útil para a compreensão de diversos fenômenos naturais. No presente contexto antropológico, podemos entender um sistema fechado como um conjunto fechado de pessoas isoladas, ou seja, um conjunto que não apenas não admite a entrada de outras pessoas, mas que também está incomunicável, ou seja, que não troque informações com outros conjuntos de pessoas.

<sup>22</sup> Em outras palavras, uma evolução temporal que não apresente saltos, ou seja, tal que os estados para tempos suficientemente próximos correspondam a vetores suficientemente parecidos.

<sup>23</sup> Na matemática, um homeomorfismo é uma bijeção contínua cuja inversa (função que desfaz a sua ação) também é contínua. Com isso, de um ponto de vista geométrico (ou melhor topológico), podemos entender um homeomorfismo como uma função que me permite deformar um objeto em outro sem quebrá-lo ou abrir buracos. O exemplo canônico, neste caso, corresponde à deformação que permite transformar uma rosquinha em uma caneca.



uniparamétrico de operadores unitários  $G(t_0) = \{U(t, t_0) \mid U^*(t, t_0)U(t, t_0) = \mathbb{I}, \forall t \in \mathbb{R}\}$ .<sup>24</sup>(25).

É, em princípio, possível considerar evoluções temporais não unitárias, que, em geral, estão relacionadas a sistemas abertos, contudo, tal abordagem é significativamente mais complicada e, por isso, transcende em muito os objetivos do presente trabalho.

Nessas condições, é possível invocar o Teorema de Stone (Hall, 2013) que garante a existência de um único operador autoadjunto  $H: D(H) \subseteq \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{H}$ , denominado, no contexto da física, operador hamiltoniano, tal que,<sup>25</sup>  $U(t, t_0) = e^{i(t-t_0)H}, \forall t \in \mathbb{R}$ . (26).

Tal operador é o gerador infinitesimal do grupo  $G_{(t_0)}$ .<sup>26</sup> Por outro lado, sempre que uma transformação, como, no nosso caso, a evolução temporal, admite uma formulação em termos de grupos uniparamétricos contínuos, o primeiro Teorema de Noether (Takhtajan, 2008) garante a existência de uma quantidade conservada, ou seja, invariante sob a evolução temporal, que pode ser usada como seu gerador infinitesimal.

Que tal quantidade conservada existe no contexto das interações sociais envolvendo gênero e sexualidade é uma de nossas hipóteses centrais, baseada em nossa inteligibilidade social como seres generificados e desejados. Resta-nos, pois, encontrá-la. Trata-se, no entanto, de uma tarefa complicada, dado que, de uma maneira geral, não existe uma receita fechada para determiná-la.

Para tanto, precisamos primeiramente estabelecer o espaço de Hilbert que descreve os nossos estados de gênero e sexualidade conjuntamente. Como gênero e sexualidade são quantidades independentes – a observação do gênero de uma pessoa não interfere na observação da sexualidade dessa mesma pessoa e vice-versa, sendo possível realizar uma medição simultânea de ambos os observáveis –, podemos afirmar que esses operadores comutam. Conseqüentemente, o espaço de Hilbert completo pode ser descrito em termos do seguinte produto tensorial:<sup>27</sup>  $\mathcal{H}_{SG} = \mathcal{H}_G^{(2)} \otimes \mathcal{H}_S^{(2)}$ , (27) cujos estados são da forma:  $\Psi = \psi_G \otimes \phi_S, \psi_G \in \mathcal{H}_G^{(2)}, \phi_S \in \mathcal{H}_S^{(2)}$  (28) e podem ser decompostos em termos de uma base que privilegie a binariedade e as monossexualidades:

$\mathcal{B}_{BM} = \{\Psi_{HH}, \Psi_{HG}, \Psi_{MH}, \Psi_{ML}\} \subseteq \mathcal{H}_{BM}$  (29) em que

24 Um grupo é uma estrutura matemática que permite estudar de uma maneira natural transformações geométricas e simetrias. Nesse caso, entendemos a evolução temporal, como uma sequência de transformações unitárias (vide nota de rodapé 15) que preservam a informação contida em um sistema.

25 No contexto das álgebras de Lie, o Teorema de Stone estabelece o mapa exponencial que relaciona o grupo uniparamétrico de operadores unitários  $G(t_0)$  com a sua álgebra de Lie  $\mathfrak{g}(t_0)$ , ou seja, com o seu espaço tangente conexo à identidade.

26 Em outras palavras, qualquer outra transformação pode ser compreendida como uma sucessão, possivelmente infinita das transformações infinitesimais induzidas pelo gerador  $H$ .

27 O produto tensorial é uma estrutura matemática que permite combinar espaços vetoriais que, individualmente, descrevem sistemas distintos em um único espaço vetorial maior que descreva o sistema obtido ao considerarmos o sistema composto pelos dois sistemas originais. Com isso, podemos construir um espaço vetorial que nos permita estudar simultaneamente o gênero e a sexualidade de uma pessoa. Em particular, os estados listados na equação (30) correspondem, respectivamente, a um homem heterossexual (HH), a um homem homossexual (HG), a uma mulher heterossexual (MH) e a uma mulher homossexual (ML).



$$\begin{aligned} \Psi_{HH} &= \psi_H \otimes \phi_{Het} = (1, 0, 0, 0)^T, \\ \Psi_{HG} &= \psi_H \otimes \phi_{Hom} = (0, 1, 0, 0)^T, \\ \Psi_{MH} &= \psi_M \otimes \phi_{Het} = (0, 0, 1, 0)^T, \\ \Psi_{ML} &= \psi_M \otimes \phi_{Hom} = (0, 0, 0, 1)^T. \end{aligned} \quad (30).$$

Com respeito a tal base, os operadores de gênero e sexualidade observados assumem a seguinte forma:

$$\mathcal{G}_O = G_O \otimes \mathbf{1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad \mathcal{S}_n = \mathbf{1} \otimes S_n = \begin{pmatrix} n_1 & n_2 - in_0 & 0 & 0 \\ n_2 + in_0 & -n_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n_1 & n_2 - in_0 \\ 0 & 0 & n_2 + in_0 & -n_1 \end{pmatrix} \quad (31) \quad e$$

trivialmente satisfazem  $[\mathcal{G}_O, \mathcal{S}_n] = 0$ . (32)

Dado que  $H: \mathcal{H}_{SG} \rightarrow \mathcal{H}_{SG}$  deve ser um operador linear autoadjunto e que dispomos, *a priori*, de apenas dois observáveis, a possibilidade mais simples, mas que não seja trivial e que incorpore simultaneamente a influência do gênero e da sexualidade é dada pela seguinte soma ponderada dos respectivos observáveis:

$$H_0(\alpha, \mathbf{n}) = \alpha \mathcal{S}_n + \mathcal{G}_O \stackrel{\mathcal{B}_{BH}}{=} \begin{pmatrix} \alpha n_1 + 1 & \alpha (n_2 - in_0) & 0 & 0 \\ \alpha (n_2 + in_0) & 1 - \alpha n_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha n_1 - 1 & \alpha (n_2 - in_0) \\ 0 & 0 & \alpha (n_2 + in_0) & -\alpha n_1 - 1 \end{pmatrix}, \quad (33) \quad \text{para}$$

algum  $\alpha \in \mathbb{R}$ . Note, em particular, que tal  $H_0$  privilegia os gêneros binários e o viés de sexualidade induzido pelo vetor unitário  $\mathbf{n} \in \mathbb{R}^3$ , que pode, por exemplo, ser escolhido de forma a refletir o impacto da prevalência das monossexualidades (e, conseqüentemente, as bi-, pan-, ace- e demifobias) na dinâmica sexo-gênero.

Calculemos, então, os estados estacionários, ou seja, aqueles que são preservados pelo fluxo temporal induzido por  $H_0(\alpha, \mathbf{n})$ , de forma que todas as suas características observáveis sejam constantes no tempo. Em outras palavras, as distribuições de probabilidade associadas à medição de qualquer observável nesses estados não dependem do tempo. Matematicamente, eles correspondem aos autovetores de  $H_0(\alpha, \mathbf{n})$ :<sup>28</sup>

$$\Psi_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{i(n_1-1)}{n_0-in_2} \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \Psi_2 = \begin{pmatrix} -\frac{i(n_1-1)}{n_0-in_2} \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \Psi_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -\frac{i(n_1+1)}{n_0-in_2} \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \Psi_4 = \begin{pmatrix} -\frac{i(n_1+1)}{n_0-in_2} \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (34)$$

cujos autovalores são, respectivamente,  $\lambda_1 = -\alpha - 1$ ,  $\lambda_2 = 1 - \alpha$ ,  $\lambda_3 = \alpha - 1$ ,  $\lambda_4 = \alpha + 1$ . (35).

Conseqüentemente, entre duas medições não consecutivas de quaisquer observáveis, o estado de uma pessoa deve evoluir como uma superposição dos autovetores do operador

28 Tais vetores se reduzem aos da base  $\mathcal{B}_{BM}$  no caso em que o vetor de viés de sexualidade é a  $\mathbf{n}=(0,1,0)$ , ou seja, que corresponde ao reconhecimento apenas das monossexualidades.



hamiltoniano. Logo, se os autovetores do operador hamiltoniano não coincidirem com os do observável de interesse, a evolução temporal naturalmente induz uma probabilidade não nula de que o sistema seja observado, em um instante posterior, em um estado diferente do que foi observado inicialmente.

Incidentalmente, os estados (34) também são autovetores do gênero observado. Portanto, em concordância com a discussão anterior, são preservados pelo fluxo temporal. Assim, seus valores esperados são:  $\langle G_O \rangle_{\Psi_1} = -1$ ,  $\langle G_O \rangle_{\Psi_2} = 1$ ,  $\langle G_O \rangle_{\Psi_3} = -1$ ,  $\langle G_O \rangle_{\Psi_4} = 1$  (36)

Conseqüentemente, temos que o binário de gênero uma vez instaurado é mantido para todo o sempre, com dois desses estados correspondendo a homens ( $\Psi_2$ ,  $\Psi_4$ ) e dois a mulheres ( $\Psi_1$ ,  $\Psi_3$ ). Trata-se exatamente da situação descrita qualitativamente por Balsells (2022, p.11), muito embora ela não tenha considerado explicitamente os impactos da evolução temporal:<sup>29</sup>

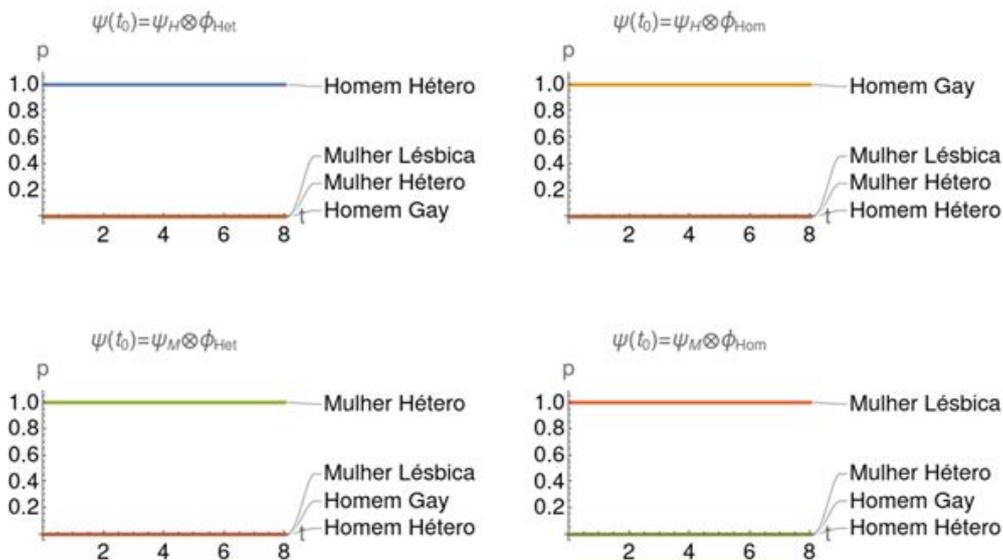
Como la medición ya ha sido hecha una vez, el estado  $|persona\rangle$  ya ha colapsado a uno de los vectores propios del operador heterosexual, por lo tanto, en el supuesto de que se vuelva a hacer la medición, la probabilidad pasa a ser 1 para el estado en que ya ha colapsado el sistema. En otras palabras, si en la ecografía se ha determinado que por los genitales que se intuyen, la persona que nacerá es niña, esta recibe un nombre de niña, un trato en femenino desde que nace y ropa de niña, en general, recibe la información desde sus primeros momentos de vida, de que ella es una niña, por lo tanto - en las personas cis-sexuales - la certeza que es una niña. Cuando ella se tenga que identificar, lo hará en los términos en que ha aprendido a hacerlo, y por tanto si alguien le pregunta si es niño o niña, responderá que niña.

Dessa forma, nossos resultados não apenas justificam matematicamente as conclusões de Balsells (2022, p. 11) como as generalizam.

<sup>29</sup> Em seu trabalho Balsells (2022) reinterpreta a obra de Monique Wittig sob a perspectiva de alguns dos postulados da mecânica quântica. Valendo-se da bijeção sexo-gênero-desejo, ela introduz um único observável, representado pelo operador heterosexual, responsável por determinar se uma pessoa é homem ou mulher, vetores que toma como base para o seu espaço de estados bidimensional e que correspondem aos nossos estados  $\Psi_{HH}$  e  $\Psi_{MH}$ . Em particular, seus resultados podem ser recuperados ao tomarmos o traço parcial com respeito às identidades homossexuais.



**Figura 2:** Probabilidade de se ler uma pessoa cujo estado inicial é algum dos elementos da base  $\mathcal{B}_{\text{BM}}$  como um homem heterossexual, homem gay, mulher heterossexual ou mulher lésbica em função do tempo de acordo com a evolução temporal induzida pelo hamiltoniano  $H_0(\alpha, \mathbf{n})$  com  $\alpha=1$  e  $\mathbf{n}=(0,1,0)$ .

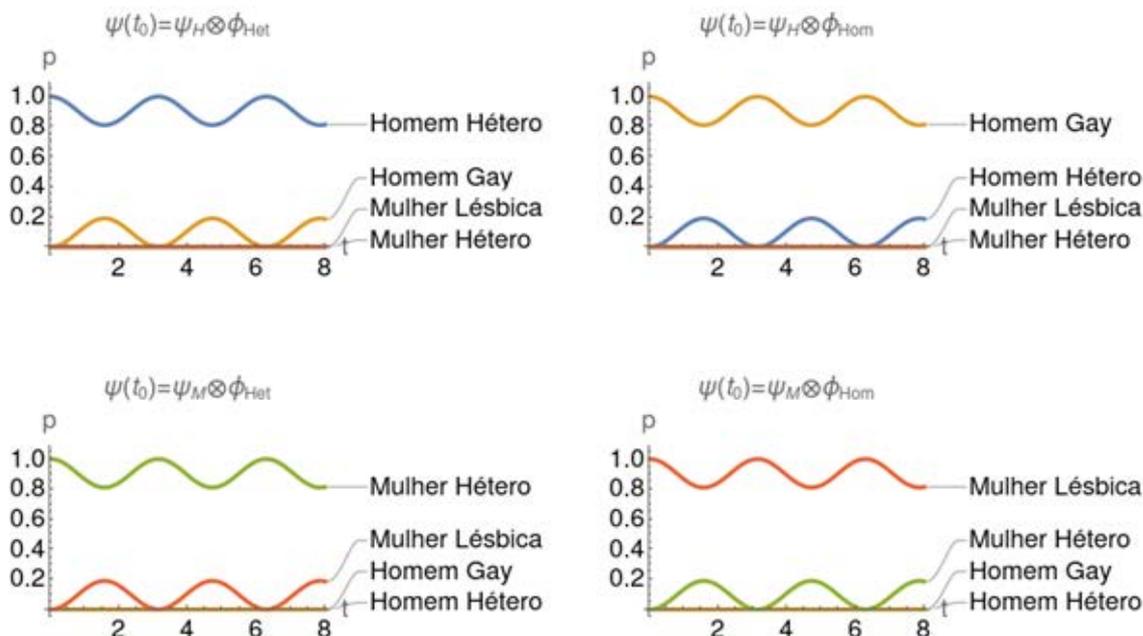


Fonte: elaboração própria.

Por outro lado, os estados (34) não são, de uma maneira geral, autovetores do operador de sexualidade observada que privilegia as monossexualidades,  $S_o = \mathbb{I} \otimes S_l$ . Assim, seus valores esperados:  $\langle S_o \rangle_{\Psi_1} = -n_1$ ,  $\langle S_o \rangle_{\Psi_2} = -n_1$ ,  $\langle S_o \rangle_{\Psi_3} = n_1$ ,  $\langle S_o \rangle_{\Psi_4} = n_1$  (37) mostram que a monossexualidade é preservada apenas se tomarmos  $\mathbf{n}=(0,1,0)$ . Assim, somente nesse caso particular, a probabilidade de um homem heterossexual ser lido como homem heterossexual é constante e igual a 1, com o mesmo resultado sendo observado para homens gays, mulheres heterossexuais e mulheres lésbicas, conforme ilustra a Figura 2. No caso geral, *vide* Figura 3 para um exemplo representativo, as assexualidades e as multissexualidades desestabilizam as monossexualidades, fazendo com que homens (respectivamente mulheres) heterossexuais sejam eventualmente lidos como homens gays (respectivamente, mulheres lésbicas) e vice-versa, resultando nos valores esperados para  $S_o$  diferentes de  $\pm 1$ .



**Figura 3:** Probabilidade de se ler uma pessoa cujo estado inicial é algum dos elementos da base  $\mathcal{B}_{\text{BM}}$  como um homem heterossexual, homem gay, mulher heterossexual ou mulher lésbica em função do tempo de acordo com a evolução temporal induzida pela hamiltoniana  $H_0(\alpha, \mathbf{n})$  com  $\alpha=1$  e  $\mathbf{n}=(\frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}})$ .



Fonte: elaboração própria.

Conseqüentemente, o fluxo temporal induzido por  $H_0$  mantém estáveis as identidades de gênero binárias à medida que permite uma desestabilização das sexualidades. Tal resultado não é surpreendente, visto que  $H_0$  é bloco-diagonal, com o primeiro bloco relacionado às identidades de gênero masculinas e o segundo às femininas. Por outro lado, tais blocos não são individualmente diagonais, resultando na possibilidade de uma pessoa heterossexual ser lida como homossexual e vice-versa. Essa observação sugere que, para desestabilizarmos as identidades de gênero binárias, precisamos incluir termos não-bloco-diagonais. No que se segue, discutimos dois exemplos simples de interações que promovem identidades não binárias.

### 2.3.1 Mulheres sáficas lidas como homens heterossexuais

O primeiro exemplo consiste na possibilidade de mulheres sáficas serem lidas socialmente como homens heterossexuais. Trata-se de uma situação corriqueira sobretudo na experiência de mulheres trans (como uma das autoras do presente trabalho) ou daquelas cuja expressão de gênero destoe da feminilidade tradicional. Nesse caso, mesmo em ambientes em que são normalmente lidas como mulheres, ao frequentá-las com suas companheiras passam a ser tratadas como homens. Portanto, não é correto caracterizar tais ocorrências como mera transfobia ou queerfobia, mas sim,



como uma consequência direta da cis-heteronormatividade. Afinal, em uma sociedade que aceita apenas casais compostos por um homem e uma mulher, seus membros, quando deparados com um casal formado por duas mulheres, são forçados a reconhecer a figura de um homem na mulher que menos performe feminilidade.

Matematicamente, tal situação corresponde à existência de um operador  $H_i^{(l)}: \mathcal{H}_{SG} \rightarrow \mathcal{H}_{SG}$ , cuja ação sobre o estado descrevendo uma mulher lésbica tenha uma amplitude de probabilidade diferente de zero com o estado descrevendo um homem heterossexual.<sup>30</sup> Notadamente,  $\langle \Psi_{HH}, H_i^{(1)} \Psi_{ML} \rangle = \eta_1, \eta_1 \in \mathbb{C}$  (38)

Para simplificar nossa abordagem, garantindo trivialmente a aplicação do formalismo desenvolvido, supomos que  $H_i^{(l)}$  seja autoadjunto, de forma que, na base  $\mathcal{B}_{BM}$ , seja representado pela seguinte matriz antidiagonal:

$$H_i^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (39)$$

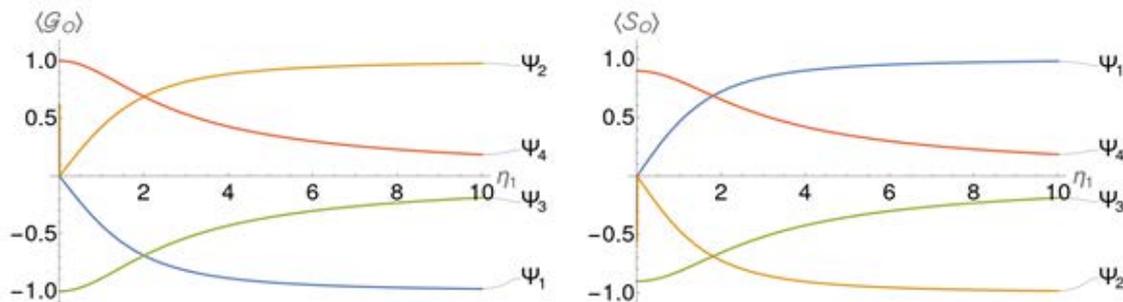
Assim, o gerador das translações temporais assume a seguinte forma:  $H_1(\alpha, \eta_1, \mathbf{n}) = H_0(\alpha, \mathbf{n}) + \eta_1 H_i^{(1)}$  (40) correspondendo à soma do termo livre, estudado anteriormente, com um termo que descreve uma das possíveis interações entre sexualidade e gênero, modulada pela constante de acoplamento  $\eta_1$ <sup>31</sup>. É, *a priori*, possível abrir mão da hipótese de  $H_i^{(l)}$  ser autoadjunto sem que se perca a interpretação probabilística, desde que  $H_i^{(l)}$  seja diagonalizável, ao modificar o produto interno do espaço de Hilbert adequadamente (Mostafazadeh, 2010). Deixamos, contudo, tal caso mais geral para uma futura publicação.

30 Uma amplitude de probabilidade é um número complexo cujo módulo quadrado corresponde à uma densidade de probabilidade.

31 Uma constante de acoplamento é um número que determina a intensidade de uma força ou interação.



**Figura 4:** Valor esperado do gênero observado e da sexualidade observada em função da constante de acoplamento  $\eta l$  para os estados estacionários  $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, \Psi_4 \in \mathcal{H}_{SG}$  de  $H_l(\alpha, \eta l, \mathbf{n})$  para o caso em que  $\alpha=1$  e  $\mathbf{n} = (\frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5}\sqrt{2})$ .



Fonte: elaboração própria

Procedendo de maneira similar, podemos calcular os estados estacionários, que deixam, em geral, de ser autovetores simultâneos do gênero observado, e avaliar o valor médio do gênero observado neles. A Figura 4 mostra a variação do valor esperado do gênero observado para os estados estacionários de  $H_l$ , conforme variamos a constante de acoplamento  $\eta l$  para um caso representativo. Vemos, então, que, exceto pelo caso limítrofe, correspondendo à situação livre ( $\eta l=0$ ), pelo menos dois estados adquirem valores médios diferentes de  $\pm 1$ , sinalizando, pois, a existência de identidades de gênero que ora são lidas como homem e ora como mulher. Em outras palavras, a partir da evolução temporal mediada por  $H_l$  surgem estados que, quando restritos ao subespaço de gênero, correspondem a alguma superposição de  $\psi H$  e  $\psi M$ . Como esses novos estados são autovetores do operador hamiltoniano, o Teorema Espectral garante que eles formam uma base. Assim, da mesma forma com que lidamos com as multi- e assexualidades, podemos introduzir observáveis alinhados a esses novos eixos através de uma transformação unitária, permitindo a leitura social de tais gêneros não binários. Portanto, a interação entre sexualidade e gênero desestabiliza o binário de gênero fazendo com que identidades não binárias emergjam.

Já, o valor médio da sexualidade observada  $SO$  apresenta um comportamento semelhante com respeito à variação da constante de acoplamento, como pode ser observado também na Figura 4. Notamos que a variação dos parâmetros  $\mathbf{n}$  e  $\alpha$  não altera significativamente o comportamento qualitativo dos valores esperados apresentados na Figura 4.

Em particular, são exatamente essas identidades não binárias que são estáveis ao longo do fluxo temporal induzido por  $H_l$ . Consequentemente, surge uma probabilidade não nula de que, por exemplo, uma pessoa que se identifique como homem heterossexual seja lida não apenas como homem homossexual, mas também como mulher heterossexual ou homossexual. A Figura 5

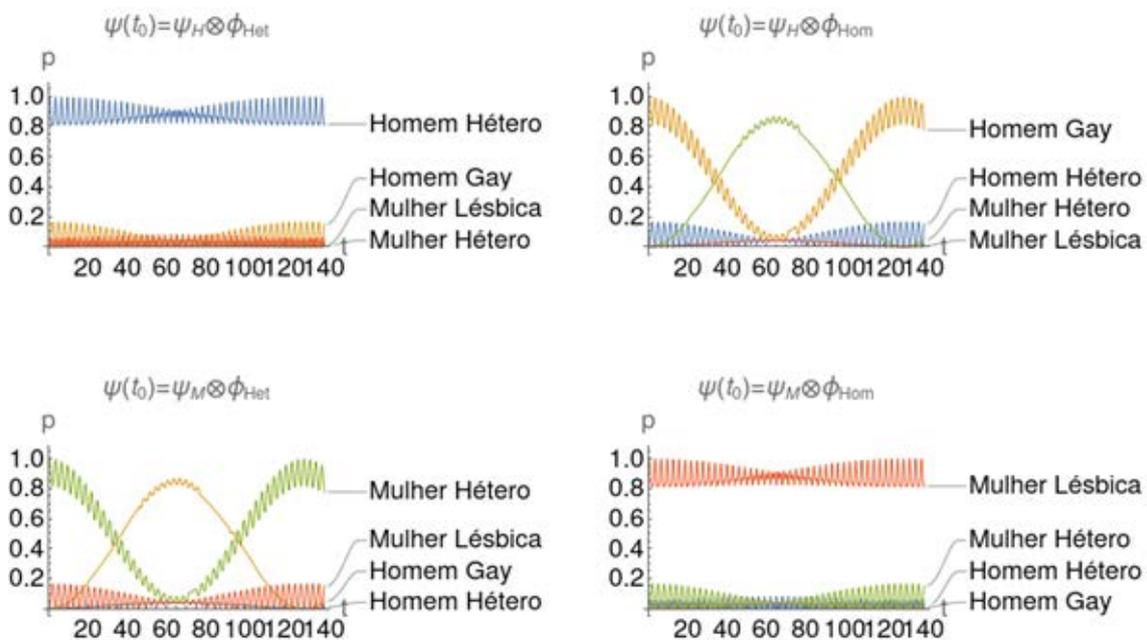


exibe tais probabilidades, bem como para estados iniciais correspondendo aos demais elementos da base  $\mathcal{B}_{BM}$ , para um caso representativo da situação socialmente observada correspondendo a um ambiente que privilegia as monossexualidades e basicamente desconsidera as assexualidades,  $\mathbf{n} = (\frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}})$ , trata gênero e sexualidade observados com os mesmos pesos na dinâmica social,  $\alpha=1$ , e que não é muito suscetível à interação entre sexualidade e gênero,  $\eta_1 = \frac{1}{2}$ . De fato, ao considerarmos as probabilidades para diferentes valores da constante de acoplamento verificamos que existem pelo menos dois regimes distintos, um para valores pequenos de  $\eta_1$  e outro para valores maiores do que um certo valor crítico, como evidenciado pelas intersecções dos valores esperados do gênero e da sexualidade observados para o caso representativo estudado na Figura 4.

Vemos que a situação descrita nesta subseção fornece uma alternativa para a considerada por Balsells (2022). Em particular, uma que ilustra o papel destabilizante que o reforço da norma cis-heteronormativa tem sobre o sistema. Assim, na tentativa de instituir de maneira forçosa a pseudobijeção sexo-gênero-desejo, emergem de maneira natural e inevitável novas identidades que escapam a tal norma.

**Figura 5:** Probabilidade de se ler uma pessoa cujo estado inicial é algum dos elementos da base  $\mathcal{B}_{BM}$  como um homem heterossexual, homem gay, mulher heterossexual ou mulher lésbica em função do tempo de acordo com a evolução temporal induzida pela hamiltoniana  $H_j(\alpha, \eta_1, \mathbf{n})$  com  $\alpha=1$ ,  $\mathbf{n} =$

$$(\frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}}) \text{ e } \eta_1 = \frac{1}{2}.$$



Fonte: elaboração própria.



### 2.3.2 Homens gays lidos como mulheres heterossexuais

Uma outra situação em que a sexualidade de uma pessoa influencia na leitura de seu gênero ocorre com homens gays que são lidos como mulheres heterossexuais. Trata-se de uma situação recorrente na vivência tanto de homens gays que não performam a masculinidade estereotípica, principalmente na presença de seus parceiros cuja expressão de gênero seja mais convencional, quanto de homens trans. Novamente, é uma consequência direta da heteronormatividade que não permite a leitura de um par de homens como um casal genuíno.

Matematicamente, tal situação corresponde à existência de um operador  $H_i^{(2)}: \mathcal{H}_{SG} \rightarrow \mathcal{H}_{SG}$  cuja ação sobre o estado descrevendo um homem gay tenha uma amplitude de probabilidade diferente de zero com o estado descrevendo uma mulher heterossexual. Notadamente,  $\langle \Psi_{MH}, H_i^{(2)} \Psi_{HG} \rangle = \eta_2, \eta_2 \in \mathbb{C}$  (41).

Exigindo similarmente sua simetria com respeito ao produto interno de  $\mathcal{H}_{SG}$ , temos a seguinte representação matricial com respeito à base  $\mathcal{B}_{BM}$ :

$$H_i^{(2)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (42)$$

Note que, diferentemente do caso anterior, a amplitude de probabilidade não nula  $\langle \Psi_{HG}, H_i^{(2)} \Psi_{MH} \rangle \neq 0$  (43) admite uma interpretação interessante. A saber, a de que mulheres trans heterossexuais podem ser lidas como homens gays.<sup>32</sup> Fato que é, infelizmente, corriqueiro em suas vivências e reflete não apenas a transfobia de nossa sociedade, como o seu sexismo e misoginia, pois muitas vezes consiste também em um ataque a seus parceiros, que passam a ser lidos como homens gays. Neste caso, o hamiltoniano completo assume a seguinte forma:  $H_2(\alpha, \eta_2, \mathbf{n}) = H_0(\alpha, \mathbf{n}) + \eta_2 H_i^{(2)}$  (44).

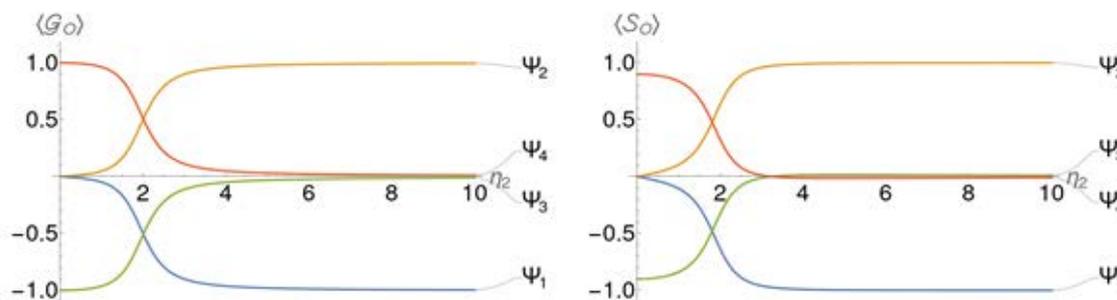
Procedendo de forma análoga, calculamos na Figura 6 a variação do valor esperado do gênero observado para os estados estacionários de  $H_2$ , conforme aumentamos a constante de acoplamento  $\eta_2$  para o mesmo caso representativo considerado na Figura 4. Vemos, novamente, que, exceto pelo caso limítrofe, correspondendo à situação livre ( $\eta_2=0$ ), pelo menos dois estados adquirem valores médios diferentes de  $\pm 1$ , sinalizando, pois, a existência de identidades de gênero que ora são lidas como homem e ora como mulher. Portanto,  $H_i^{(2)}$  constitui um outro exemplo de interação entre sexualidade e gênero inspirada pela cis-heteronormatividade que desestabiliza o binário de gênero fazendo com que identidades não binárias emergjam.

32 Notadamente, a interação  $H_i^{(1)}$  também induz a leitura de homens trans heterossexuais como mulheres lésbicas.



**Figura 6:** Valor esperado do gênero observado e da sexualidade observada em função da constante de acoplamento  $\eta_2$  para os estados estacionários  $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, \Psi_4 \in \mathcal{H}_{SG}$  de  $H_2(\alpha, \eta_2, \mathbf{n})$  para o caso em que  $\alpha=1$  e

$$\mathbf{n} = \left( \frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}} \right).$$



Fonte: elaboração própria.

Já, o valor médio da sexualidade observada  $S_o$  apresenta um comportamento semelhante com respeito à variação da constante de acoplamento como pode ser observado na Figura 6. Notamos que a variação dos parâmetros  $\mathbf{n}$  e  $\alpha$  não altera significativamente o comportamento qualitativo dos valores esperados apresentados na Figura 6. Novamente, os gráficos para os valores esperados do gênero e da sexualidade observados indicam que existem pelo menos dois regimes distintos para as probabilidades de atribuímos o gênero e a sexualidade de uma pessoa que se identifica com algum dos estados da base  $\mathcal{B}_{BM}$ .

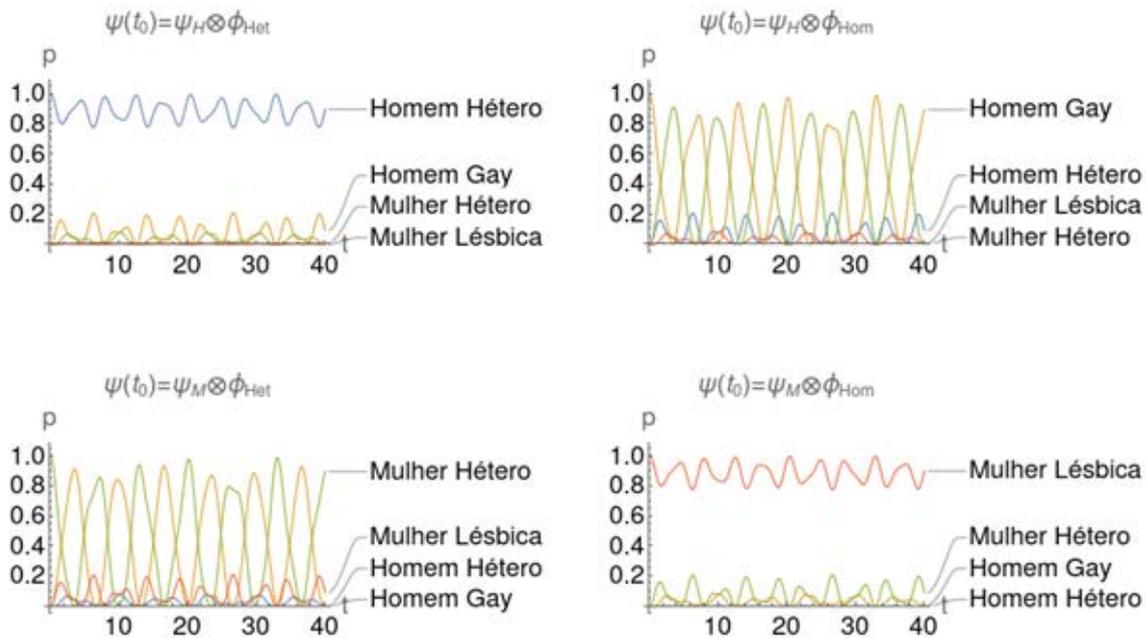
Assim como no caso anterior, são essas identidades não binárias que correspondem aos estados estacionários de  $H_2$ , ou seja, aquelas que são estáveis ao longo do tempo. Consequentemente, surge também uma probabilidade não nula de que, por exemplo, uma pessoa que se identifique como homem heterossexual seja lida não apenas como homem homossexual, mas adicionalmente como mulher heterossexual ou homossexual. A Figura 7 abaixo exibe tais probabilidades, bem como para estados iniciais correspondendo aos demais vetores da base  $\mathcal{B}_{BM}$ , para o mesmo caso representativo da situação socialmente observada considerado anteriormente, ou seja,

correspondendo a  $\mathbf{n} = \left( \frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}} \right)$ ,  $\alpha=1$  e  $\eta_2 = \frac{1}{2}$ .



**Figura 7:** Probabilidade de se ler uma pessoa cujo estado inicial é algum dos elementos da base  $\mathcal{B}_{BM}$  como um homem heterossexual, homem gay, mulher heterossexual ou mulher lésbica em função do tempo de acordo com a evolução temporal induzida pela hamiltoniana  $H_2(\alpha, \eta_2, \mathbf{n})$  com  $\alpha=1, \mathbf{n} =$

$$\left(\frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}}\right) \text{ e } \eta_2 = \frac{1}{2}.$$



Fonte: elaboração própria.

### 2.3.3 Modelo completo

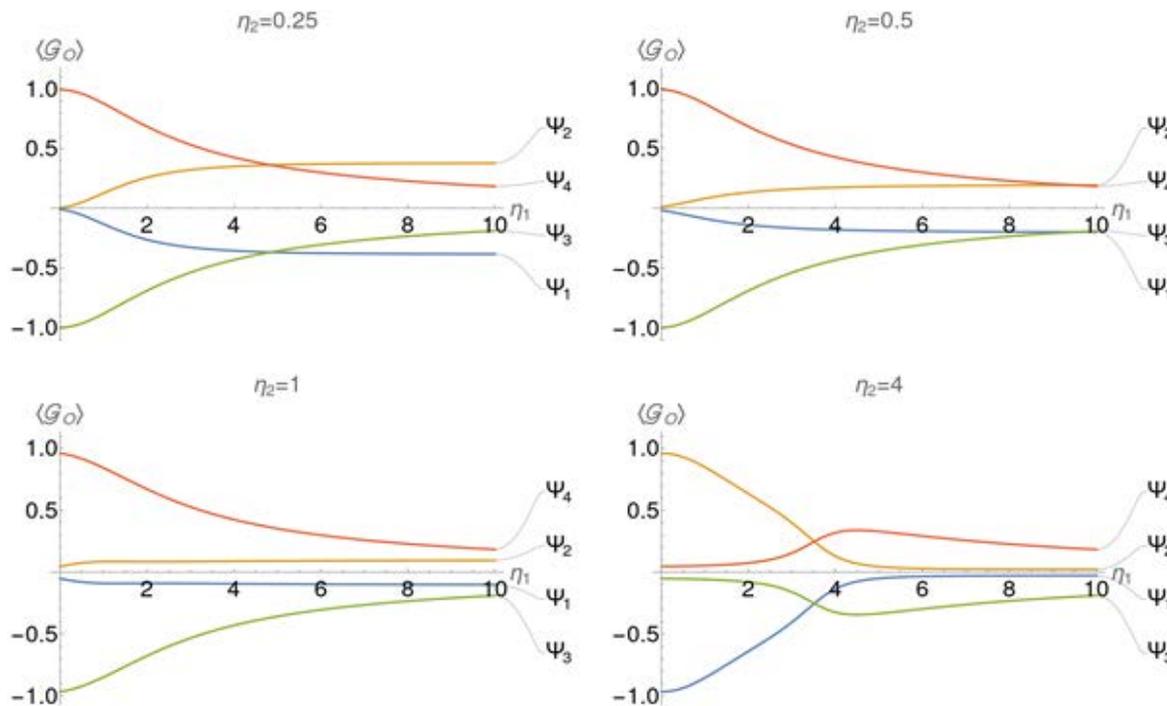
Finalmente, consideramos o modelo completo que incorpora os dois exemplos de interação entre sexualidade e gênero considerados anteriormente:  $H_3(\alpha, \eta_1, \eta_2, \mathbf{n}) = H_0(\alpha, \mathbf{n}) + \eta_1 H_i^{(1)} + \eta_2 H_i^{(2)}$  (45).

Os valores esperados do gênero observado nos estados estacionários de  $H_3$ , exibidos na Figura 8 para o caso representativo considerado anteriormente, mostram que tais estados também correspondem a identidades não binárias para valores não nulos das constantes de acoplamento.



**Figura 8:** Valor esperado do gênero observado em função das constantes de acoplamento  $\eta_1$  e  $\eta_2$  para os estados estacionários  $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, \Psi_4 \in \mathcal{H}_{SG}$  de  $H_3(\alpha, \eta_1, \eta_2, \mathbf{n})$  para o caso em que  $\alpha=1$  e

$$\mathbf{n} = \left( \frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}} \right).$$



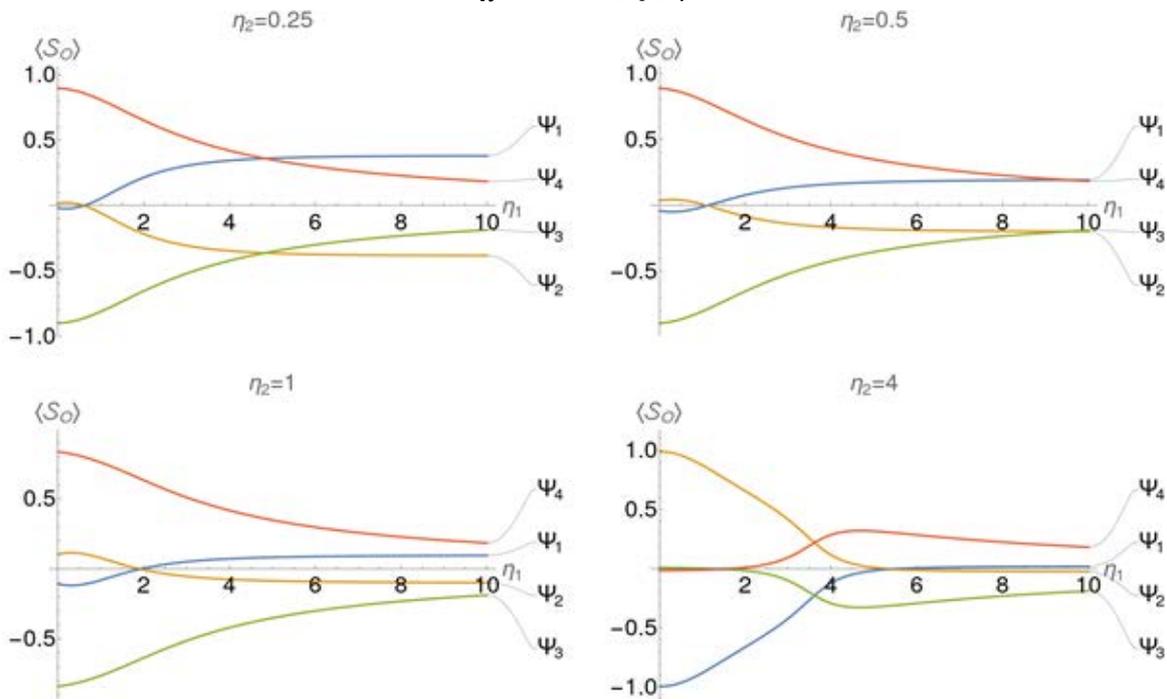
Fonte: elaboração própria.

Já, os valores médios para a sexualidade observada nos estados estacionários de  $H_3$  estão exibidos, para o mesmo caso representativo, na Figura 9.



**Figura 9:** Valor esperado da sexualidade observada em função das constantes de acoplamento  $\eta_1$  e  $\eta_2$  para os estados estacionários  $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, \Psi_4 \in \mathcal{H}_{SG}$  de  $H_3(\alpha, \eta_1, \eta_2, \mathbf{n})$  para o caso em que  $\alpha=1$  e

$$\mathbf{n} = \left( \frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}} \right).$$



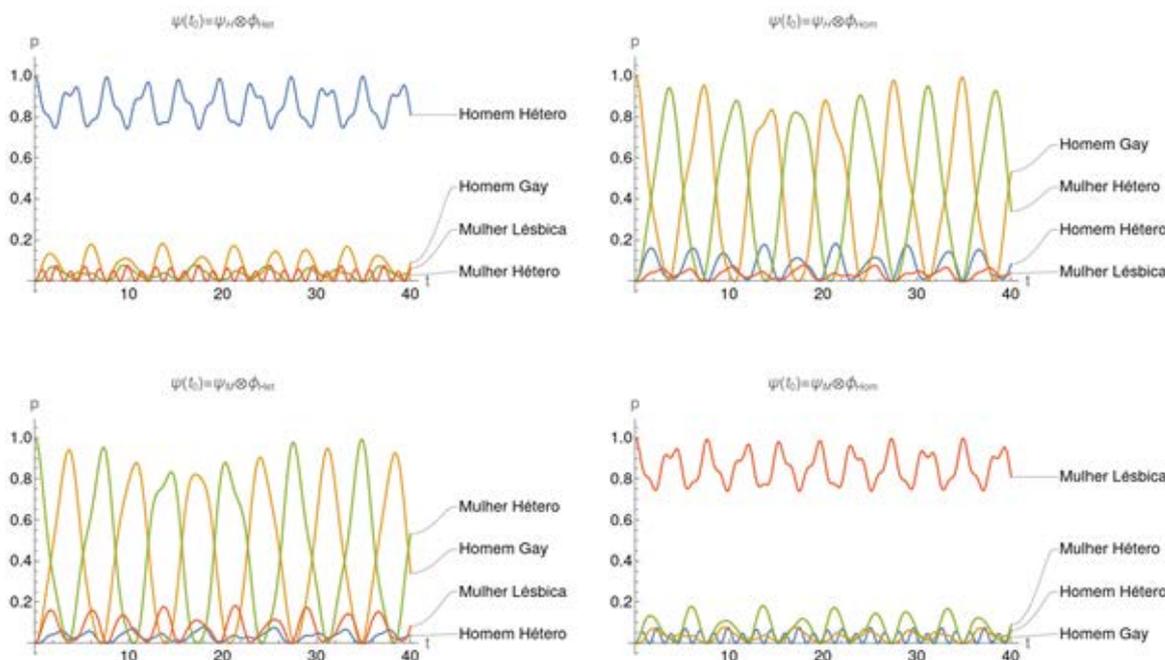
Fonte: elaboração própria.

Novamente, os valores esperados para o gênero e a sexualidade observados nos estados estacionários indicam que existem pelo menos dois regimes distintos para as probabilidades de lermos uma pessoa com respeito aos elementos da base  $\mathcal{B}_{BM}$ . Na Figura 10, exibimos tais probabilidades para um caso representativo.



**Figura 10:** Probabilidade de se ler uma pessoa cujo estado inicial é algum dos elementos da base  $\mathcal{B}_{BM}$  como um homem heterossexual, homem gay, mulher heterossexual ou mulher lésbica em função do tempo de acordo com a evolução temporal induzida pela hamiltoniana  $H_3(\alpha, \eta_1, \eta_2, \mathbf{n})$  com  $\alpha=1, \mathbf{n}=(\frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}})$ ,  $\eta_1 = \frac{1}{2}$  e  $\eta_2 = \frac{1}{2}$ .

$$\left(\frac{1}{10}, \frac{9}{10}, \frac{3}{5\sqrt{2}}\right), \eta_1 = \frac{1}{2}, \eta_2 = \frac{1}{2}$$



Fonte: elaboração própria.

### 3 Conclusão

Neste artigo, inspirados pela provocação de Kelly (2022, p. 3) de que “a mathematical reading of certain anthropological approaches is possible and sometimes fruitful”, propomos uma aliança transdisciplinar para estudar a intrincada dinâmica entre sexualidade e gênero no contexto das interações sociais. De uma forma mais concreta, construímos um *toy model* que nos permite entender o papel extremamente não trivial que a cis-heteronorma tem na estabilização de identidades não binárias. Nesse sentido, nosso trabalho fornece uma possível resolução para uma das inquietações elencadas por Kelly (2022, p.18) em sua conclusão quanto à (f)utilidade da aproximação entre matemática e antropologia.

But even then, one may still question: Is this not just a re-labelling of what we already knew? What new light has been shed by naming what has already been described? I myself have this feeling to some degree. And though I cannot offer ways to dispel this doubt, the approximation between hard and social sciences holds a certain promise (or promise?) of human and non-human similarity that has both a tradition and contemporary advocates (Kelly, 2022, p. 18).

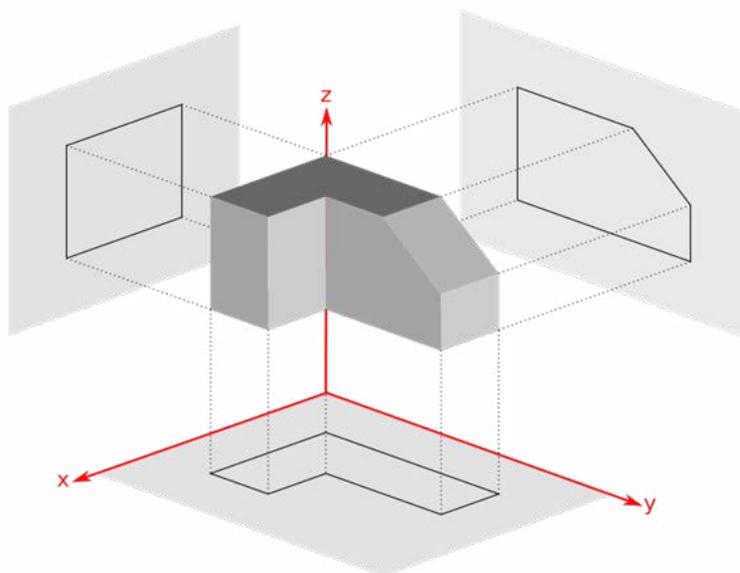
Vemos que, de uma maneira isolada, tanto o gênero observado quanto a sexualidade observada admitem uma descrição simples em termos de um sistema de dois níveis, quando



nos restringimos às identidades de gênero binárias e às monossexualidades. Não obstante, é fácil incorporar as multissexualidades e as assexualidades, considerando-as como direções distintas ao longo das quais podemos alinhar a nossa percepção de sexualidade. O resultado é a desestabilização das identidades monossexuais, permitindo que pessoas heterossexuais sejam lidas como homossexuais e vice-versa, mas sem afetar a estabilidade do binário de gênero.

Nesse contexto, o binário de gênero só é afetado ao introduzirmos termos de interação entre sexualidade e gênero observados. Ao considerarmos explicitamente dois exemplos correspondentes a manifestações da heteronorma, verificamos, em particular, que as mesmas instâncias que forçam, por exemplo, uma das mulheres de um casal sáfico a ser lida como um homem heterossexual, também demandam que homens heterossexuais serão eventualmente lidos como homens gays e mulheres heterossexuais ou lésbicas. Portanto, na tentativa de normatizar apenas relações heterossexuais, surgem naturalmente (e necessariamente) identidades de gênero não binárias estáveis, cuja relação com as identidades binárias é similar a das multi- e assexualidades com a monossexualidade. Em outras palavras, nosso modelo sugere que forçar a heteronorma, ou, de uma maneira mais geral, a cis-heteronorma, destrói invariavelmente o binário de gênero. Contudo, de uma perspectiva antropológica, identidades não binárias podem ser estáveis? Se se constroem quando a cis-heteronorma é forçada, poderiam emergir a partir de fluxos e não de permanências... Mas isso são reflexões embrionárias que merecem mais estudos posteriores.

**Figura 11:** Projeção de um objeto tridimensional em planos distintos resultando não apenas em figuras geométricas diferentes, mas que também não capturam todas as particularidades do objeto original.  
Adaptada de [https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering\\_drawing](https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering_drawing).



Fonte: adaptado pelo autor (Own [...], 2008).



Finalmente, dadas as restrições de nossa construção, cabe a pergunta se essa não binariedade emergente seria apenas um artefato das projeções em espaços de menor dimensionalidade que fizemos para tornar os modelos apresentados tratáveis. Assim, da mesma forma que, quando projetamos um objeto tridimensional em um plano, obtemos uma descrição incompleta, que não captura todas as suas particularidades (*vide Figura 11*), podemos, no processo de projeção ao espaço de gênero bidimensional, ter jogado fora explicitamente as identidades não binárias que, apesar de já existirem, ainda são invisíveis e não reconhecidas em função dos séculos de doutrinação judaico-cristã. Sob essa perspectiva demonstrada aqui, tais identidades sempre existiram e ocupam dimensões ortogonais às definidas pelas identidades de homem e mulher, de forma que a própria binariedade não passaria de uma projeção arbitrária, mas que mesmo assim ainda retém sombras, de um universo muito mais complexo.

---

### Referências

- ANZALDÚA, G. *Borderlands/La Frontera: the new mestiza*. 4th. ed. San Francisco: Aunt Lute, 2012.
- BALLONOFF, P. A. *Mathematical foundations of social anthropology*. New York: De Gruyter Mouton, 1976.
- BALSELLS, C. M. Si Monique Wittig hubiera sido física. *Cuestiones De género: de la igualdad y la diferencia*, León, n. 17, p. 144–160, 2022. Disponível em: <https://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/cuestionesdegenero/article/view/7252>. Acesso em: 4 de maio de 2023.
- BLACKLESS, M. *et al.* How sexually dimorphic are we? Review and synthesis. *American Journal of Human Biology*, United States, v. 12, n. 2, p. 151-166, Feb. 2000. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1520-6300\(200003/04\)12:2%3C151::AID-AJHB1%3E3.0.CO;2-F](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1520-6300(200003/04)12:2%3C151::AID-AJHB1%3E3.0.CO;2-F). Acesso em: 4 mai. de 2023.
- BLANCHARD, P.; BRÜNING, E. *Mathematical methods in physics: distributions, hilbert space operators, variational methods, and applications in quantum physics*. 2nd. ed. Heidelberg: Birkhäuser Cham, 2015. (Serie Progress in Mathematical Physics, n. 69).
- BUTLER, J. *Problemas de gênero: Feminismo e subversão da identidade*. 20. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2020.
- BUTLER, J. *Vida precária: os poderes do luto e da violência*. São Paulo: Autêntica, 2019. (Coleção Filô).
- COSTA, C. J. P. C. G.; LUGARINHO, M. C. Entrevista sobre lógica e gênero com Gabrielle Weber, Vitor Ian Miranda e Erick Gregner. *Revista Crioula*, São Paulo, v. 29, p. 225-236, 2022. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/crioula/article/view/197319>. Acesso em: 4 mai. de 2023.
- DIRAC, P. A. M. The physical interpretation of the quantum dynamics.



*Proceedings of the Royal Society of London: Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, [United Kingdom], v. 113, n. 765, p. 621–641, 1927. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspa.1927.0012>. Acesso em: 4 mai. de 2023.

GEORGESCU, I. Toy model. *Nature Phys*, London, v. 8, n. 444, 2012. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nphys2340>. Acesso em: 4 mai. de 2023.

HALL, B. C. *Quantum Theory for Mathematicians*. New York: Springer, 2013.

HEISENBERG, W. *Physics and philosophy: the revolution in modern science*. New York: Penguin Books, 2000. (Coleção Graduate texts in mathematics).

JESUS, J. G. *Transfeminismo: teorias e práticas*. Rio de Janeiro: Metanoia, 2014.

KELLY, J. A. Reflections on mathematical figures and engineering approaches in anthropology. *Vibrant: virtual brazilian anthropology*, Brasília, DF, v. 19, p. 1-20, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/vb/a/Wx5rKfxNwVFzLYMjvmtHkFM/?format=html&lang=en>. Acesso em: 4 mai. de 2023.

MOIRA, A. *E se eu fosse puta*. São Paulo: Hoo, 2016.

MOSTAFAZADEH, A. Pseudo-Hermitian Representations of Quantum Mechanics. *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*, [s. l.], v. 7, n. 7, p. 1191-1306, 2010. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/0810.5643v4>. Acesso em: 4 mai. de 2023.

NASCIMENTO, L. C. P. *Transfeminismo*. São Paulo: Jandaíra, 2021.

OWN Work. *Wikimedia Commons*, [s. l.], 26 June 2008. 1 imagem em PNG. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First\\_angle\\_projection.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:First_angle_projection.svg). Acesso em: 4 mai. de 2023.

SERANO, J. *Whipping girl: a transsexual woman on sexism and the scapegoating of femininity*. Emeryville, CA: Seal Press, 2007.

TAKHTAJAN, L. A. *Quantum Mechanics for Mathematicians*. Providence: American Mathematical Society, 2008. (Serie Graduate Studies in Mathematics, v. 95).

VERGUEIRO, V. *Por inflexões decoloniais de corpos e identidades de gênero inconformes: uma análise autoetnográfica da cisgeneridade como normatividade*. 2015. Dissertação (Mestrado em Cultura e Sociedade) – Instituto de Humanidades, Artes e Ciências Professor Milton Santos, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/19685>. Acesso em: 4 mai. de 2023.

VON NEUMANN, J. *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*. Princeton: Princeton University Press, 1955.

WITCHEL, S. F. Disorders of sex development. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, [Netherlands], v. 48, p. 90-102, Apr. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1521693417301955?via%3Dihub>. Acesso em: 4 mai. de 2023.

