



Tipologia dos sistemas composicionais

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO

SUBÁREA: Composição e Sonologia

Nina Queiroz

Universidade Federal do Rio de Janeiro

ninaqueiroz@musica.ufrj.br

Ana Maria Galvão Miccolis

Universidade Federal do Rio de Janeiro

anamiccolis@yahoo.com.br

Liduino Pitombeira

Universidade Federal do Rio de Janeiro

pitombeira@musica.ufrj.br

Resumo. Neste trabalho, realizamos uma breve descrição dos antecedentes que fundamentaram a Teoria dos Sistemas Composicionais (Pitombeira, 2020; 2024), bem como examinamos sua tipologia. Os antecedentes envolvem tanto a Teoria Geral dos Sistemas, de Bertalanffy (2010), a Ciência dos Sistemas, de Klir (2001) e os estudos sistêmicos de Meadows (2008). A tipologia, por sua vez, parte de diversas propriedades ontológicas como natureza, arquitetura, estabilidade e natureza de dados. A tipologia aqui descrita não pretende ser exaustiva, uma vez que ela está em constante expansão a partir das contribuições de diversos pesquisadores. Para cada categoria, apresentamos um sistema, esclarecendo suas características fundamentais e sua aplicabilidade composicional.

Palavras-chave. Teoria dos sistemas composicionais, Teoria geral dos sistemas, Ciência dos sistemas, Composição musical.

Typology of Compositional Systems

Abstract. In this work, we provide a brief description of the background that underpins the Theory of Compositional Systems (Pitombeira, 2020; 2024), as well as examine its typology. The background encompasses Bertalanffy's General System Theory (2010), Klir's Systems Science (2001), and Meadows' systemic studies (2008). The typology, in turn, is based on several ontological properties, such as nature, architecture, stability, and the nature of data. The typology described here is not intended to be exhaustive, as it is in constant expansion through the contributions of various researchers. For each category, we have included a system that will clarify its fundamental characteristic and its compositional applicability.

Keywords. Compositional Systems Theory, General Systems Theory, Systems Science, Musical Composition.

Introdução

A necessidade de lidar com organizações complexas deu origem à Ciência dos Sistemas, presente em diversas áreas da vida. Na composição musical, sob uma perspectiva interdisciplinar e majoritariamente estruturalista, a Teoria dos Sistemas Compositivos está em constante expansão e revisão, decorrente de pesquisas acadêmicas, produções científicas e da prática pedagógica em composição musical. A Teoria dos Sistemas Compositivos começou a ser desenvolvida em 2011 e foi apresentada pela primeira vez em um trabalho acadêmico na dissertação de Flávio Lima, orientada por Liduino Pitombeira na Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Autores como, Bertalanffy (2010), Klir (2001) e Meadows (2008) apresentaram conceitos que fundamentaram o desenvolvimento da Teoria dos Sistemas Compositivos. Neste trabalho, trataremos dos antecedentes epistemológicos dessa teoria e de sua tipologia.

Antecedentes da Teoria dos Sistemas Compositivos

Os sistemas estão integrados em diversas atividades humanas. Contudo, apesar de serem familiares no nosso cotidiano, a compreensão do conceito de sistemas não é simples. As tentativas de definição têm levado a uma vasta quantidade de estudos, correntes de pensamento e discussões. Segundo Robert Rosen (1986, p. 1), “a palavra sistema nunca é usada por si só; é geralmente acompanhada por um adjetivo ou outro modificador: sistema físico, sistema social”.¹

A literatura sobre sistemas concentra-se particularmente em estruturas de alta complexidade, como organismos vivos, a sociedade e até a própria realidade. Klir (2001, p.31) afirma que “as raízes da ciência dos sistemas são a matemática, a informática e um grupo de ideias conhecido como pensamento sistêmico”.² Segundo Maria José Esteves Vasconcellos (2014, p.147), o pensamento sistêmico se configura como um novo paradigma da ciência, no qual ela enfatiza três dimensões: complexidade, instabilidade e intersubjetividade.

Bertalanffy sugere uma tabela classificatória dos sistemas, emprestada de Boulding (1956), e situa a música dentro do campo dos sistemas simbólicos, comportando o que ele denomina “regras de jogo”, indicando uma maneira de tratar o tema a partir de algoritmos. Não

¹ “The word system is never used by itself; it is generally accompanied by an adjective or other modifier: physical system; social system”.

² “Systems movement emerged from three principal roots: mathematics, computer technology, and a host of ideas that are well captured by the general term systems thinking”.



se refere, portanto, a um sistema vivo e biológico, mas sim a um sistema cultural simbólico, ou, conforme mencionado por Bertalanffy, “existem *sistemas conceituais* como a lógica, matemática (mas incluindo, por exemplo, a música) que são essencialmente construtos simbólicos” (Bertalanffy, 2010, p. 16).

Possivelmente a definição mais antiga de sistema vem do filósofo francês Étienne Bonnot de Condillac (1715-1780). Na sua definição é possível distinguir claramente dois aspectos: partes e princípios.

um sistema não é mais do que a disposição das diferentes partes de uma arte ou ciência numa ordem em que todas se apoiam mutuamente e em que as últimas são explicadas pelas primeiras. Aqueles que dão razão aos outros chamam-se princípios; e o sistema é tanto mais perfeito quanto menor for o número de princípios: é mesmo de esperar que se reduzam a um (Condillac, 1771, p.1).³

Ressaltamos que, diferentemente da Teoria desenvolvida por Bertalanffy e Klir, a Teoria dos Sistemas Composicionais tem uma abordagem estruturalista, na qual são tratados objetos e suas relações. Segundo Umberto Eco (1997, p. 32), em uma abordagem estruturalista, as relações e os objetos são elementos fundamentais dentro de sistemas de significação, demonstrando que o significado não é uma propriedade intrínseca dos objetos, mas resulta das relações entre eles dentro de uma estrutura.

Paralelamente à teoria de Bertalanffy, a Ciência dos Sistemas, outro campo fundamental para o desenvolvimento da Teoria dos Sistemas Composicionais, tem como referencial importante o trabalho de Klir (2001). Klir parte de uma definição encontrada no *Webster's New World Dictionary* (1971, p.754) “um conjunto ou arranjo de coisas tão relacionadas ou ligadas que formam uma unidade ou um todo orgânico (...)”.⁴ Nessa definição, três termos são centrais: “coisas”, “relações” e “todo”. O termo “todo” representa o próprio sistema: ele é o resultado emergente da interação entre “coisas” e “relações”, que, por sua vez, formam os elementos constitutivos do sistema. Essa perspectiva enfatiza a natureza sistêmica, onde o todo é mais do que a mera soma de suas partes, surgindo de interações dinâmicas e integradoras que definem sua estrutura e funcionalidade.

³ “un système n'est autre chose que la disposition des différentes parties d'un art ou d'une science dans un ordre où elles se soutiennent toutes mutuellement, et où les dernières s'expliquent par les premières. Celles qui rendent raison des autres, s'appellent principes ; et le système est d'autant plus parfait, que les principes sont en plus petit nombre : il est même à souhaiter qu'on les réduise à un seul”.

⁴ “a set or arrangement of things so related as to form an organic whole: as, a solar system, supply system (...)”.





Klir (2001, p.5) formaliza essa definição na Equação $S = (T, R)$, em que S significa sistema, T , coisas, e R , relações (original do inglês, *system, things, relations*). Klir oferece uma análise formal dos sistemas, introduzindo uma tipologia abrangente e uma estrutura epistemológica hierarquizada.

A definição de Donella Meadows (2008, p.11) foi também uma contribuição importante para a Teoria dos Sistemas Composicionais ao sugerir o fator finalidade ou função. A definição dessa autora demonstra que elementos, interconexões e uma função ou propósito são fundamentos para um sistema

O desenvolvimento da Teoria dos Sistemas Composicionais empreendido no contexto da dissertação de mestrado de Flávio Lima, teve como ponto de partida dois fundamentos teóricos anteriores: as ideias de sistema simbólico, “regras do jogo” e a definição de sistema proposta por Bertalanffy, bem como a definição de Klir, que, como vimos, foi expressa no formato de uma equação na qual interagem objetos e relações.

Na definição proposta por Lima e Pitombeira T , de *things*, foi substituído por O , de objetos $S = (O, R)$. É fundamental notar que, segundo Klir, o comportamento relacional (R) é percebido como a essência de um sistema. Esse conceito sugere que um sistema não pode ser compreendido apenas pela análise de seus componentes individuais, mas sim por meio do exame das interações e relações que se manifestam entre esses componentes.

Com base nos referenciais discutidos, Lima propõe a primeira definição para Sistemas Composicionais: “um conjunto de diretrizes, formando um todo coerente, que coordena a utilização e interconexão de parâmetros musicais, com o propósito de produzir obras musicais” (Lima, 2011, p.62). Posteriormente, Pitombeira (2015) acrescenta nessa definição a possibilidade de utilização de materiais em estado bruto, ou seja, não decomponíveis, uma estratégia fundamental para lidar com sistemas composicionais intertextuais. Nessas definições temos a presença de objetos (parâmetros e materiais), relações (interconexão) e função (produção de obras musicais).

Em 2024, Pitombeira revisita os conceitos fundamentais dessa teoria e apresenta uma nova definição: “Sistemas Composicionais (S) são estruturas formadas por objetos predominantemente genéricos (O) e relações específicas (R), que têm o propósito de dar sustentação arquetípica à produção de obras musicais” (Pitombeira, 2024, p.3).

Um sistema composicional é constituído por um conjunto de regras específicas, conhecidas como “Definições” e um conjunto de objetos genéricos. A formulação de um sistema composicional envolve um ato criativo que se concretiza através da tradução de um

universo em arquétipos musicais. Esse processo é influenciado por diversos fatores, incluindo aspectos de ordem psicológica, musicológica, artística, performática, composicional, entre outros.

Tipologia dos Sistemas Composicionais

Os sistemas composicionais são classificados em diferentes categorias (natureza, arquitetura, estabilidade e natureza dos dados), relacionadas nas subseções que se seguem. Essa tipologia é dinâmica, no sentido de que se expande continuamente graças a novas postulações teóricas e aos trabalhos de pesquisa que se desenvolvem em níveis de graduação, iniciação científica e pós-graduação, no âmbito do estudo dos sistemas composicionais.

Quanto à natureza

Quanto à natureza, os sistemas podem ser originais e modelados. Os sistemas originais são concebidos *ex nihilo* pelo(a) compositor(a), ou seja, eles são criados desde seus fundamentos sem serem derivados de obras preexistentes. Em contraste, os sistemas modelados tomam como base uma obra pré-existente, que pode pertencer ao domínio musical ou a outras disciplinas artísticas. Descreveremos, a seguir, cada um desses sistemas.

1. Sistemas originais

Como mencionamos, os sistemas originais são propostos pelo(a) compositor(a), sem, teoricamente, se basearem em obras anteriores (expressas em qualquer linguagem, incluindo obras musicais). Como exemplo, proporemos um sistema composicional, cujo objetivo é gerar gestos melódicos com base em três movimentos fundamentais: graus conjuntos (C), saltos (S) e repetições (R). Esse sistema será proposto como um conjunto de definições, mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 – Sistema composicional SCR

Definição 1	O sistema produz gestos melódicos a partir de graus conjuntos (C), saltos (S) e repetições (R).
Definição 2	A regra de construção é: $[SC^3RC^3S]^n$, que será repetido de acordo com o valor de n, escolhido durante o planejamento composicional.
Definição 3	Os demais parâmetros serão escolhidos durante o planejamento composicional.

Fonte: Elaborado pelos autores

2. Sistemas modelados

Os sistemas modelados, diferentemente dos sistemas originais, têm sua origem em uma obra anterior, através de uma metodologia denominada Modelagem Sistêmica, a qual tem seu fundamento na análise musical. Como uma analogia à modelagem matemática, a modelagem sistêmica tem por finalidade compreender os princípios estruturais observados em diversos parâmetros musicais de uma obra, bem como as relações entre os valores associados a esses parâmetros, em suas diversas dimensões.

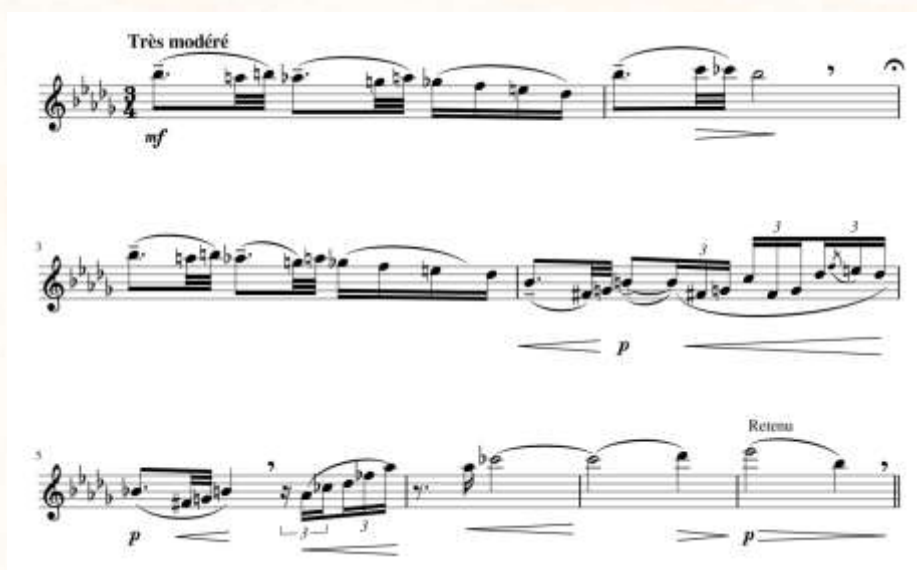
A modelagem sistêmica utiliza-se de um intertexto para a recriação arquetípica de uma obra, em nível profundo e abstrato. Vale ressaltar que a modelagem sistêmica lida preferencialmente com um tipo de intertextualidade abstrata, na qual o intertexto é dificilmente perceptível nas camadas mais aparentes. O aspecto mais importante reside nas relações entre os componentes de um intertexto, o que gera um conjunto de relações e objetos, ou seja, um sistema composicional hipotético. A presença de um intertexto em um processo criativo é um recurso pedagógico interessante, permitindo que os(as) compositores(as) analisem obras musicais pré-existentes e as recriem de acordo com o próprio estilo composicional, permitindo que saiam do desafio da “página em branco” e encontrem um ponto de partida para a criação de uma nova obra musical.

Como exemplo de modelagem sistêmica, modelaremos um pequeno trecho inicial da obra *Syrinx*, de Claude Debussy (Figura 1),⁵ a partir da metodologia SCR (utilizada na seção anterior, na definição do sistema composicional SCR).

Na primeira etapa da modelagem – seleção paramétrica – escolhemos o parâmetro a ser analisado. O parâmetro altura foi escolhido, juntamente com a metodologia analítica denominada SCR. Na segunda etapa – análise – o trecho melódico foi analisado com base nos movimentos básicos: salto (S), consistindo em um intervalo maior que dois semitons; movimento por grau conjunto (C), correspondente a um ou dois semitons; e repetição (R). Para essa análise, consideraremos que o Dó central do piano é o Dó₄. Como resultado da análise, obtivemos os dados mostrados no Quadro 2. Na terceira etapa, os objetos são desconsiderados e ficamos apenas com as relações, ou seja, os movimentos SCR, que constituem o modelo sistêmico do trecho. Esse modelo é obtido ao tomarmos apenas a terceira coluna da direita do Quadro 2. O modelo pode ser abreviado na seguinte estrutura: $(C^2S)^3SC^3R(C^2S)^3(S^2C)^3S^5CS^3CS^2RSC^2S$.

⁵ Uma gravação da obra está disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=RNjroFNi7mA>.

Figura 1 – Compassos iniciais de *Syrinx*, de Claude Debussy (1927)



Fonte: Debussy (1927)

Quadro 2 – Análise dos movimentos melódicos do trecho inicial de *Syrinx*, de Claude Debussy

	Alt. inicial	Alt. final	Mov.
1.	B ₃	A ₃	C
2.	A ₃	B ₃	C
3.	B ₃	A _{b3}	S
4.	A _{b3}	G ₃	C
5.	G ₃	A ₃	C
6.	A ₃	G _{b3}	S
7.	G _{b3}	F ₃	C
8.	F ₃	E ₃	C
9.	E ₃	D _{b3}	S
10.	D _{b3}	B _{b3}	S
11.	B _{b3}	C ₃	C
12.	C ₃	C _{b3}	C
13.	C _{b3}	B _{b3}	C
14.	B _{b3}	B _{b3}	R
15.	B ₃	A ₃	C
16.	A ₃	B ₃	C
17.	B ₃	A _{b3}	S
18.	A _{b3}	G ₃	C
19.	G ₃	A ₃	C
20.	A ₃	G _{b3}	S
21.	G _{b3}	F ₃	C
22.	F ₃	E ₃	C
23.	E ₃	D _{b3}	S
24.	D _{b3}	B _{b3}	S
25.	B _{b3}	F ₃	S

	Alt. inicial	Alt. final	Mov.
26.	F ₃	G ₃	C
27.	G ₃	B ₃	S
28.	B ₃	F ₃	S
29.	F ₃	G ₃	C
30.	G ₃	C ₃	S
31.	C ₃	F ₃	S
32.	F ₃	G ₃	C
33.	G ₃	D _{b3}	S
34.	D _{b3}	E ₃	S
35.	E ₃	D _{b3}	S
36.	D _{b3}	B _{b3}	S
37.	B _{b3}	F ₃	S
38.	F ₃	G ₃	C
39.	G ₃	B ₃	S
40.	B ₃	A _{b3}	S
41.	A _{b3}	C _{b3}	S
42.	C _{b3}	D _{b3}	C
43.	D _{b3}	F ₃	S
44.	F ₃	A _{b3}	S
45.	A _{b3}	A _{b3}	R
46.	A _{b3}	C _{b3}	S
47.	C _{b3}	D _{b3}	C
48.	D _{b3}	E _{b3}	C
49.	E _{b3}	B _{b3}	S

Fonte: Elaborado pelos autores

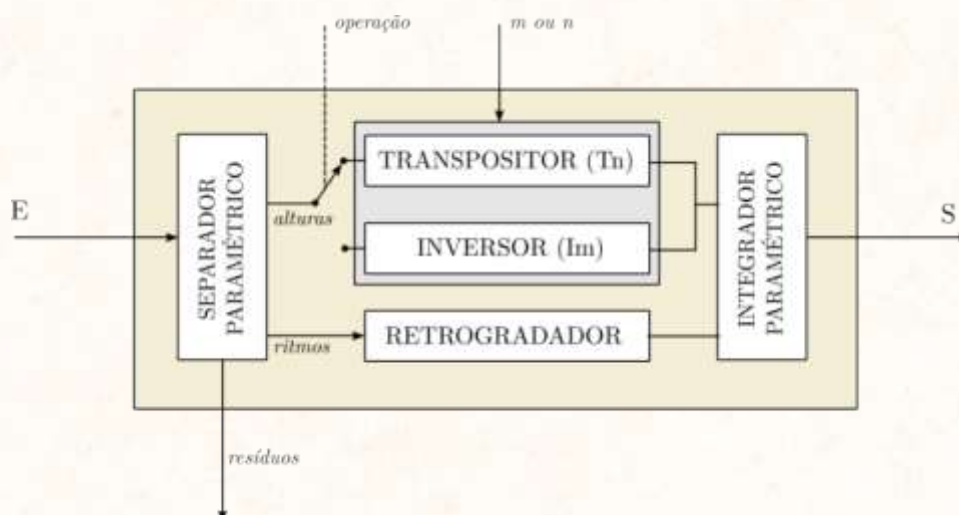
Quanto à arquitetura

Quanto à arquitetura, os sistemas podem ser classificados como abertos, semiabertos ou retroalimentados.

1. Sistemas abertos

Um sistema aberto caracteriza-se pela presença de entradas e saídas de dados, além de entradas de controle e saídas de resíduos, conforme aplicável. No sistema composicional aberto S1, mostrado na Figura 2, temos uma entrada de dados (E), através da qual é inserido um fragmento melódico no formato *MusicXML*. Esse fragmento passa por um módulo de separação paramétrica que o separa em suas alturas e ritmos, eliminando as demais informações paramétricas (andamento, timbre, dinâmica, articulação) pela saída auxiliar de resíduos. As alturas, de acordo com uma chave seletora controlada pelo(a) compositor(a), podem ser transpostas ou invertidas. O fator de transposição (n) e o eixo de inversão (m) são informações de controle fornecidas pelo(a) compositor(a). Já os ritmos serão retrogradados em um módulo específico para essa ação. Os resultados dos módulos de manipulação de alturas e durações são reintegrados no módulo integrador paramétrico o qual fornece o resultado na saída (S).

Figura 2 – Sistema composicional aberto S1

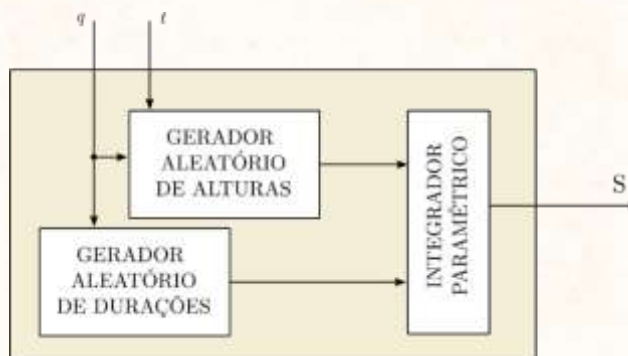


Fonte: Elaborado pelos autores

2. Sistemas semiabertos

Sistemas semiabertos possuem apenas saídas de dados e, quando necessário, entradas de controle e saídas de resíduos. O sistema composicional semiaberto S2 (Figura 3) produz fragmentos melódicos a partir de dois geradores aleatórios. O primeiro gera alturas aleatórias de acordo com uma tessitura (t) fornecida pelo(a) compositor(a) na entrada de controle. O segundo gera durações aleatórias de colcheia, semínima e semínima pontuada. A quantidade de notas (alturas + durações) geradas (q) também é fornecida na entrada de controle.

Figura 3 – Sistema composicional semiaberto S2



Fonte: Elaborado pelos autores

3. Sistemas retroalimentados

Já os sistemas retroalimentados são configurados de forma que a saída é reconectada à entrada, formando um ciclo fechado, ou *loop*, que pode ser interrompido conforme as regras operacionais específicas do sistema. Um caso especial seria constituído pelos sistemas dinâmicos não lineares (caóticos). Esses sistemas apresentam potencial para um fluxo infinito, porém, considerando que a definição de sistema composicional pressupõe ordenação e um fluxo finito, a aplicação composicional desse sistema requer a definição precisa dos limites dentro do ciclo de fluxo, de forma que o sistema se torne finito do ponto de vista do usuário.

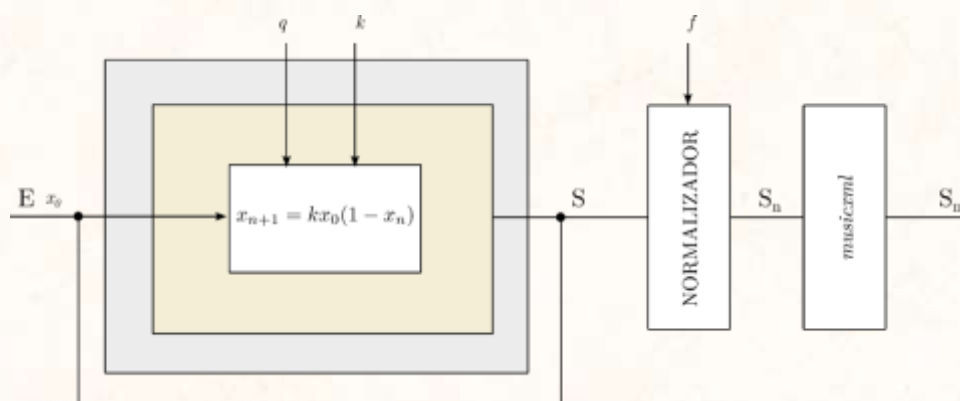
Para a construção de nosso sistema retroalimentado, utilizaremos um mapa logístico. Trata-se de uma equação de diferenças (também denominada relação de recorrência) frequentemente utilizada para modelar o crescimento populacional sob restrição de recursos. Sua formulação mais conhecida é: $x_{n+1} = kx_n(1 - x_n)$, na qual x_n é a população relativa na interação n , normalizada no intervalo $[0,1]$; k é um parâmetro real, com $0 \leq k \leq 4$, que controla a dinâmica do sistema; e x_{n+1} representa a população relativa na interação seguinte.

Essa equação é simples, mas pode exibir comportamentos extremamente complexos — inclusive caos determinístico — dependendo do valor de k . O modelo logístico tem raízes na biologia e ecologia, sendo inicialmente proposto por Pierre François Verhulst em 1838. Verhulst introduziu esse modelo para descrever o crescimento populacional com limitações ambientais (como alimentos e espaço), onde a taxa de crescimento diminui conforme a população se aproxima da capacidade máxima do ambiente (Bacaër, 2011). Mais tarde, na década de 1970, o físico Robert May (1976) estudou a versão discreta (o mapa logístico) e descobriu que, ao variar o parâmetro k , o sistema passa por uma série de bifurcações que levam ao caos (Pressing, 1988). Esse estudo de May mostrou como sistemas simples podem gerar

dinâmicas complexas e ajudou a popularizar o estudo de sistemas caóticos fora da física tradicional, especialmente na ecologia, economia e ciência da computação. Essa equação tem uso em diversas áreas. Na arte pode ser utilizada para geração de padrões visuais e sonoros com estrutura fractal ou rítmica e para geração procedural de melodia.

Na Figura 4, temos o sistema composicional S3, que é um retroalimentado caótico. Esse sistema contém, em seu núcleo, um mapa logístico. O(a) compositor(a) fornece o valor inicial (x_0), na entrada (E) do sistema. O tamanho do ciclo (q) e o valor de k (da equação logística) são fornecidos nas entradas de controle. Como a saída (S) produz números reais, o resultado pode ser normalizado para ficar em uma faixa de valores inteiros fornecida pelo(a) compositor (a), em um módulo externo, denominado *Normalizador*. Esses valores, na saída do normalizador, podem ser transformados diretamente em notação musical através de outro módulo externo, denominado *MusicXML*.

Figura 4 – Sistema composicional retroalimentado S3

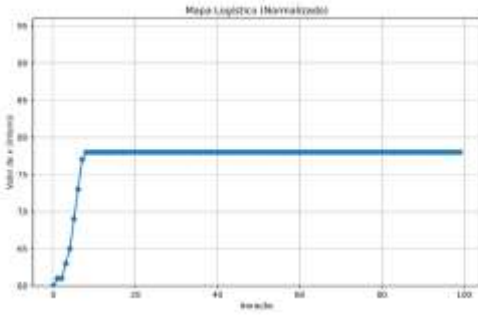
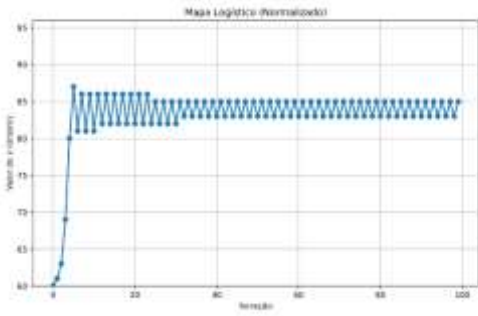
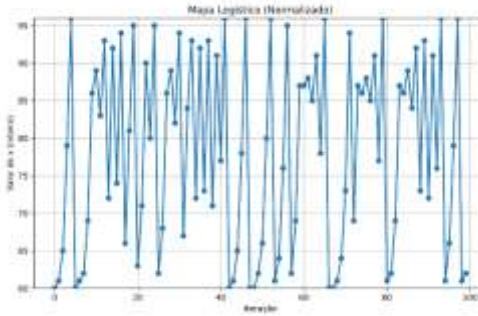


Fonte: Elaborado pelos autores

Apresentamos no Quadro 3, as curvas resultantes na saída normalizada para um valor inicial (x_0) igual a 0,01 e valores de k iguais a 2, 3 e 4, com ciclo igual a 100 iterações. Podemos observar que quando $k = 2$, a saída estabiliza em um único valor, depois de um transiente inicial; quando $k = 3$, a saída apresenta oscilações transientes em torno do ponto fixo, para o qual converge lentamente; e, por fim, quando $k = 4$, a órbita apresenta comportamento caótico, embora existam condições iniciais excepcionais que produzem órbitas periódicas ou estacionárias.⁶

⁶ Por exemplo, para $k = 4$ e $x_0 = 0,75$, tem-se $x_{n+1} = 0,75$ em todas as iterações.

Quadro 3 – Saídas gráficas do sistema composicional S3

Valor de k	Saídas gráficas
2	
3	
4	

Fonte: Elaborado pelos autores

Apresentamos também na Figura 5, na Figura 6 e na Figura 7, as saídas em formato musical respectivamente para os três valores de k (2, 3 e 4). Como essa equação opera em uma única dimensão, associamos os valores de saída a valores de altura MIDI. Escolhemos uma duração fixa (semínima). Os gráficos e as saídas musicais foram geradas por um programa em Python, produzido com auxílio da inteligência artificial *qwen* (na versão 3-235B-A22B).⁷ Nesse programa, já estão acoplados o Normalizador e o módulo *MusicXML*. O programa, ao ser iniciado, demanda do(a) usuário(a) as questões indicadas na coluna da esquerda do Quadro 4. Os valores exemplificados produzem o resultado musical mostrado na Figura 5.

⁷ Disponível no GitHub <https://github.com/QwenLM/Qwen>. A IA traduziu para Python os algoritmos de S3.

Quadro 4 – Prompt do programa associado ao sistema composicional S3 e exemplos de entrada

Prompt do programa	Exemplo de entrada
Digite o valor inicial x0 (entre 0 e 1):	0.01
Digite a quantidade de ciclos (q):	100
Digite o valor de k:	2
Deseja normalizar os valores para um intervalo específico? (s/n):	s
Digite o intervalo de saída (ex: 24 72): Valores mínimo e máximo separados por espaço:	60 96

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 5 – Saída do sistema composicional retroalimentado S3 para k = 2



Fonte: Elaborado pelos autores⁸

Figura 6 – Saída do sistema composicional retroalimentado S3 para k = 3



Fonte: Elaborado pelos autores⁹

⁸ Link do áudio: <https://youtu.be/UY4e3g4PxxI>.

⁹ Link do áudio: https://youtu.be/c_TbzOFb47A.

Figura 7 – Saída do sistema composicional retroalimentado S3 para $k = 4$ Fonte: Elaborado pelos autores¹⁰

Quanto à estabilidade

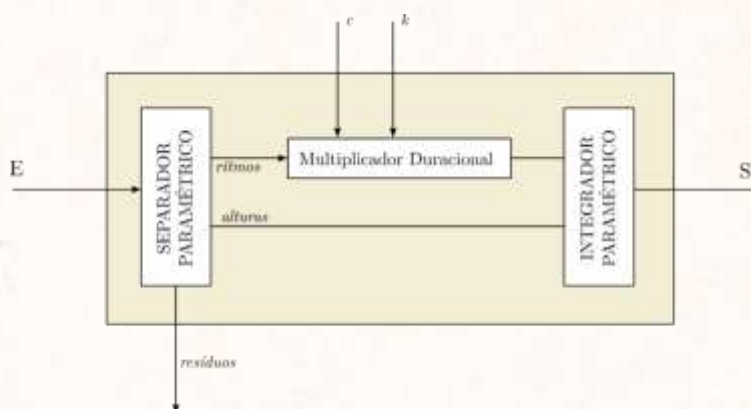
No que se refere à estabilidade, os sistemas podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos. Sistemas estáticos mantêm suas regras internas imutáveis ao longo de todo o ciclo composicional, que abrange a elaboração do sistema, o planejamento composicional e a composição da obra. Por outro lado, sistemas dinâmicos permitem a modificação de suas regras durante esse ciclo composicional.

1. Sistemas estáticos

Os sistemas composicionais estáticos mantêm suas regras estruturais constantes durante todo o ciclo operacional. Para exemplificar esse tipo de sistema (que poderia ser exemplificado, na verdade, por todos os demais sistemas anteriores), propomos um sistema aberto (denominado S4) que modifica as durações de algumas notas específicas de um segmento melódico inserido em sua entrada. As notas que terão suas durações alteradas por um fator (k) fornecido pelo(a) compositor(a) serão especificadas com base em um ciclo (c), o qual também é informado na entrada de controle. O diagrama desse sistema é mostrado na Figura 8.

¹⁰ Link do áudio: <https://youtu.be/o2FpbCiwHaA>.

Figura 8 – Diagrama do sistema composicional estático S4

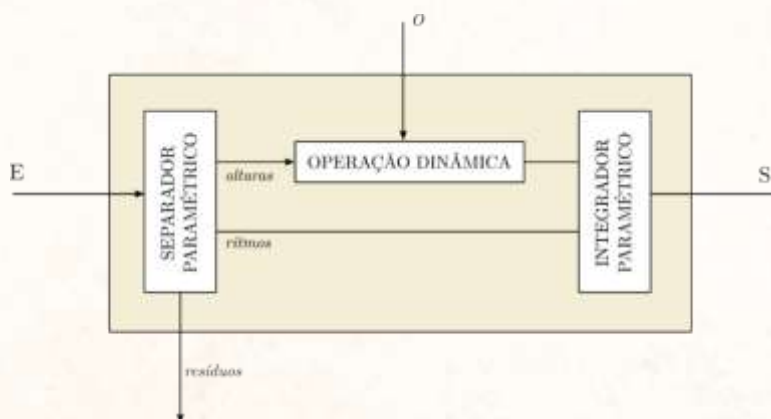


Fonte: Elaborado pelos autores

2. Sistemas dinâmicos

Em contraste com os sistemas estáticos, os sistemas dinâmicos têm suas regras estruturais alteradas durante o ciclo operacional. Dessa forma, o(a) compositor(a) pode, em determinado momento do planejamento composicional ou mesmo da composição da obra propriamente dita, retornar ao sistema e alterar suas regras estruturais, ou seja, suas operações. Como exemplo, propomos um sistema composicional aberto (denominado S5) cuja entrada é submetida a uma operação, definida no início do ciclo operacional, que afeta as alturas (por exemplo, a transposição por um fator n). Em dado momento do ciclo, o(a) compositor(a) decide alterar essa operação, substituindo-a por outra (inversão em torno do eixo 0, por exemplo). O diagrama deste sistema é mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Diagrama do sistema composicional dinâmico S5



Fonte: Elaborado pelos autores

Quanto à natureza dos dados

Em relação à natureza dos dados, os sistemas podem ser classificados como contínuos ou discretos. Essa terminologia relaciona-se diretamente com os tipos de dados manipulados pelo sistema. Dados contínuos não têm, pelo menos teoricamente, interrupções perceptíveis. Equivalem, na matemática, aos números reais. São exemplos de dados contínuos na música: 1) portamentos entre alturas, típicos de alguns instrumentos como o violino e o trombone; 2) crescendos e decrescendos, que afetam a dinâmica; e 3) movimentos suaves feitos entre *sul ponticello* e *sul tasto*, nas cordas friccionadas. Dados discretos, por sua vez, aparecem como degraus, com graduações distintas entre seus elementos. Na matemática, dados discretos assumem valores separados ou pertencentes a um conjunto finito ou enumerável. São exemplos da aplicação de dados discretos na música: 1) os glissandos de piano ou harpa; 2) alterações abruptas de articulação; 3) alterações de figuras rítmicas (de colcheia para semínima).

1. Sistemas discretos

Como exemplo de sistema composicional discreto, propomos um sistema semiaberto, denominado S6, que produz material melódico a partir de séries dodecafônicas geradas aleatoriamente. O sistema contém um gerador de séries (classes de alturas) aleatório. A quantidade de séries geradas (q) é definida pelo(a) compositor(a). São atribuídos registros a essas classes de alturas conforme a tessitura indicada também pelo(a) compositor(a). As durações são designadas com base nas mesmas séries, conforme uma escala de durações pré-estabelecida, na qual as classes de alturas da série são mapeadas a valores de duração (Quadro 5). Esse sistema composicional é especificado como um programa em Python, usando a biblioteca *Mido*. Além de um arquivo MIDI, o programa fornece tabelas para cada série, constando a classe de alturas, a nota MIDI, a duração e os *ticks* (informação MIDI que designa a duração com base em uma escala na qual $120 = 1$ semicolcheia).

Como exemplo de operação do programa, escolhemos o valor de quantidade de séries (q), igual a 3, e uma tessitura de 60 a 84 (números MIDI). O programa gerou o fragmento mostrado na

Figura 10, na qual indicamos as séries com suas contagens correspondentes (números de 1 a 12). Os dados de geração da primeira série são mostrados na Tabela 1; os dados da segunda série, na Tabela 2; e os dados da terceira série na Tabela 3.

Quadro 5 – Escala de durações para o sistema composicional discreto S6

Classe de alturas	Duração
0	semicolcheia
1	colcheia
2	colcheia pontuada
3	semínima
4	semínima ligada a semicolcheia
5	semínima pontuada
6	semínima ligada a colcheia pontuada
7	mínima
8	mínima ligada a semicolcheia
9	mínima ligada a colcheia
10	mínima ligada a colcheia pontuada
11	mínima pontuada

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 10 – Fragmento gerado pelo sistema composicional discreto S6



Fonte: Elaborado pelos autores¹¹

Tabela 1 – Série 1, gerada pelo sistema composicional discreto S6

Classe	Nota MIDI	Duração	Ticks
1	73	colcheia	240
9	69	mínima + colcheia	1200
10	70	mínima + colcheia pontuada	1320
6	78	semínima + colcheia pontuada	840
5	65	semínima pontuada	720
3	75	semínima	480
7	67	mínima	960
2	74	colcheia pontuada	360
8	80	mínima + semicolcheia	1080
11	71	mínima pontuada	1440
0	84	semicolcheia	120
4	64	semínima + semicolcheia	600

¹¹ Link do áudio: <https://youtu.be/uU4xI7XyTaM>.

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2 – Série 2, gerada pelo sistema composicional discreto S6

Classe	Nota MIDI	Duração	Ticks
3	75	semínima	480
10	70	mínima + colcheia pontuada	1320
8	80	mínima + semicolcheia	1080
5	65	semínima pontuada	720
11	71	mínima pontuada	1440
7	79	mínima	960
0	60	semicolcheia	120
6	66	semínima + colcheia pontuada	840
9	81	mínima + colcheia	1200
4	64	semínima + semicolcheia	600
2	62	colcheia pontuada	360
1	73	colcheia	240

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 3 – Série 3, gerada pelo sistema composicional discreto S6

Classe	Nota MIDI	Duração	Ticks
9	81	mínima + colcheia	1200
10	70	mínima + colcheia pontuada	1320
3	75	semínima	480
4	64	semínima + semicolcheia	600
11	83	mínima pontuada	1440
0	72	semicolcheia	120
1	61	colcheia	240
2	74	colcheia pontuada	360
5	77	semínima pontuada	720
7	79	mínima	960
8	80	mínima + semicolcheia	1080
6	78	semínima + colcheia pontuada	840

Fonte: Elaborado pelos autores

2. Sistemas contínuos

O exemplo de sistema contínuo que propomos lida exclusivamente com a dinâmica, sob uma perspectiva aleatória. Com o auxílio de inteligência artificial (GPT-4), construímos um programa em Python que indica aleatoriamente as dinâmicas e as transições contínuas entre elas. Esse programa é uma especificação do sistema composicional S7. O(a) usuário(a) fornece o número de compassos e a métrica¹² e o programa produz um quadro indicando as dinâmicas e, quando for o caso, a transição entre elas. Os casos em que as dinâmicas não são indicadas

¹² A título de exemplo, nosso programa somente trabalha com métrica uniforme, ou seja, uma única métrica para todo o trecho. O programa pode ser expandido para trabalhar com métricas variáveis ou ainda fornecer os resultados independentemente da métrica (focando unicamente nos *beats*).



(n/a) mantêm as dinâmicas anteriores. Utilizamos, como exemplo de entrada, o trecho gerado pelo sistema composicional discreto anterior e inserimos esses dados no programa (15 compassos, métrica 4/4). O programa forneceu as dinâmicas mostradas no Quadro 6 (que foi editado eliminando redundâncias por razões de espaço). O resultado é mostrado na Figura 11. Embora a saída simbólica do programa seja discreta, algumas de suas instruções prescrevem transições sonoras contínuas, como *crescendos* e *decrecendos* (indicados na coluna rotulada “Transição”).

Quadro 6 – Dinâmicas geradas pelo sistema composicional contínuo S7

Compasso	Tempo	Dinâmica	Transição
1	1	p	-
1	2	p	crescendo
1	3-4	mf	-
2	1	mf	-
2	2	mf	-
2	3-4	n/a	-
3	1-4	n/a	-
4	1	n/a	-
4	2	ff	-
4	3	ff	decrecendo
4	4	mp	-
5	1	mp	-
5	2	mp	crescendo
5	3	f	decrecendo
5	4	pp	-
6	1-4	pp	-
7	1-4	pp	-
8	1-4	pp	-
9	1	pp	-
9	2-4	n/a	-
10	1-4	n/a	-
11	1-2	n/a	-
11	3	mp	decrecendo
11	4	pp	crescendo
12	1	ff	decrecendo
12	2-4	mf	-
13	1	mf	-
13	2	mf	decrecendo
13	3-4	mp	-
14	1	mp	-
14	2-4	n/a	-
15	1-4	n/a	-

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 11 – Aplicação das dinâmicas no fragmento gerado pelo sistema composicional discreto S6 a partir dos resultados produzidos pelo sistema composicional contínuo S7



Fonte: Elaborado pelos autores¹³

Considerações finais

A Teoria dos Sistemas Composicionais consolida-se como uma abordagem estruturalista e interdisciplinar, capaz de fornecer sustentação arquetípica rigorosa para a criação musical contemporânea considerando a liberdade criativa do(a) compositor(a) e a formalização metodológica. Ao demonstrar seus antecedentes epistemológicos em Bertalanffy, Klir e Meadows, e ao examinar detalhadamente sua tipologia estruturada sob as dimensões de natureza (sistemas originais e modelados), arquitetura (abertos, semiabertos e retroalimentados), estabilidade (estáticos e dinâmicos) e natureza dos dados (discretos e contínuos), este trabalho demonstrou como modelos conceituais abstratos e equações matemáticas podem ser traduzidos em ferramentas de aplicabilidade prática imediata. Por fim, a contínua expansão dessa tipologia por meio de pesquisas acadêmicas em diversos níveis reforça o caráter dinâmico e colaborativo da teoria, consolidando-a como um campo de investigação aberto e promissor para futuras explorações teórico-práticas no cenário da composição musical.

¹³ Link do áudio: https://youtu.be/_3KDvTvTUK8.

Referências

BACAËR, Nicolas. Verhulst and the logistic equation (1838). In: BACAËR, Nicolas. *A short history of mathematical population dynamics*. London: Springer, 2011. p. 35–39.

BERTALANFFY, Ludwig von. *Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações*. 5. ed., Trad. Francisco M. Guimarães, Petrópolis: Editora Vozes, 2010.

BOULDING, Kenneth. General Systems Theory – the Skeleton of Science. *Management Science*, v. 2, n. 3, 1956, p. 197–208.

CONDILLAC, É. *Traité des systèmes, où l'on en démêle les inconvénients et les avantages*. Amsterdam : Arkstée & Merkus, 1771.

DEBUSSY, Claude. *Syrinx*, para flauta (Partitura). Paris: J. Jobert, 1927. Disponível em [https://s9.imslp.org/files/imglnks/usimg/2/2d/IMSLP12780-Debussy -
_Syrinx_\(solo_flute\).pdf](https://s9.imslp.org/files/imglnks/usimg/2/2d/IMSLP12780-Debussy_-_Syrinx_(solo_flute).pdf). Acesso em 29 jul. 2025.

ECO, Umberto. *A Estrutura Ausente*. 7. ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1997.

LIMA, Flávio Fernandes de. *Desenvolvimento de Sistemas Composicionais a partir da Intertextualidade*. Dissertação (Mestrado em Música). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2011.

KLIR, George. *Facets of System Science*. Nova York: Plenum, 2001.

MAY, R. M. Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature*, v. 261, n.5560, 1976, p. 459–467.

MEADOWS, Donella. *Thinking in Systems: a Primer*. Londres: EarthScan, 2008.

PITOMBEIRA, Liduino. A produção de teoria composicional no Brasil. In: NOGUEIRA, Ilza; BORÉM, Fausto (ed.). *O pensamento musical criativo: teoria, análise e os desafios interpretativos da atualidade*. Salvador: UFBA, 2015. p. 61-89. (Série Congressos da TeMA, v. 1).

PITOMBEIRA, Liduino. Compositional Systems: Overview and Applications. *MusMat - Brazilian Journal of Music and Mathematics*, v. 4, p. 39–62, 2020.

PITOMBEIRA, Liduino. Planejamento Composicional a partir de paradigmas arquetípicos. *Musica Theorica*, v. 9, n. 2, 2024, p. 1–56.

PRESSING, Jeff. Nonlinear Maps as Generators of Musical Design. *Computer Music Journal*, v. 12, n. 02, 1988, p. 35–46.



ROSEN, R. Some Comments on Systems and Systems Theory. *International Journal of General Systems*, v. 13, n. 1, 1986, p. 1–3.

VASCONCELLOS, Maria José Esteves de. *Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência*. 10. ed. Campinas: Papirus, 2014.

WARNER CLASSICS. *Debussy: Syrinx for solo flute (Emmanuel Pahud)*. 23 abr. 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=RNjroFNI7mA>>. Acesso em: 30 jul. 2026.

WORLD PUBLISHING COMPANY. *Webster's new world dictionary*, the 100,000 entry edition. GURALNIK, David B. (Ed.). Cleveland: The World Publishing Company, 1971.

