

Breve panorama dos usos, desusos e reúsos dos termos algoritmo, generativo, procedural e metacriativo: proposição de uma diacronia para as terminologias associadas à música computacional

Antenor Ferreira Corrêa
Universidade de Brasília (UNB)

Lucas Calado Jofilsan
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Resumo

Observa-se que, no contexto da música computacional, as expressões “composição algorítmica”, “música generativa”, “composição procedural” e “música metacriativa” tem uso recorrente e intercambiável. A coexistência dessas terminologias, bem como os usos livres e transdisciplinares de procedimentos similares, faz com que as fronteiras delimitadoras dos conceitos sejam cada vez mais deslocadas e imprecisas. Em vista disto, o objetivo deste texto é fornecer propostas de distinções entre esses termos e apresentar a sugestão de uma diacronia com intuito de ilustrar os usos e reúsos destes termos. A abordagem metodológica adotada foi a análise quali-quantitativa da produção levantada por meio de buscas em bases de dados online. Nosso interesse é, por meio de análise de terminologias, compreender as inovações e transformações que impactaram o campo da criação musical assistida por computador.

Palavras-chave: composição algorítmica; composição procedural; música generativa; música metacriativa.

Introdução

No ano de 1956 Noam Chomsky publicou o seu artigo intitulado *Tree Models for the Description of Language*, texto seminal no qual incorporou conceitos da matemática estatística na análise gramatical da língua Inglesa. Sua abordagem analítica revolucionou o campo da linguística em sua época (Hingginbotham, 1982). A busca de Chomsky por estruturas linguísticas basílicas capazes de fornecer gramáticas geradora de todas as sentenças do inglês culminou no seu livro *Aspects of the Theory of Syntax* (1965), a partir do qual o termo “generativo” se estabeleceu definitivamente no campo da linguística. Generativo, no orbe da gramática generativa de Chomsky, implica em “um sistema de regras que de forma

explícita e bem definida atribui descrições estruturais a sentenças de uma linguagem” (Chomsky, 1965, p. 8). Já de saída percebe-se certa afinidade dessa definição com o conceito de algoritmo (vide adiante) e, talvez devido a essa semelhança, o termo generativo foi posteriormente encampado por outras áreas além da linguística, sendo utilizado na computação, psicologia e na modelagem cognitiva.

Algoritmo refere-se a uma organização sistemática e hierárquica de tarefas destinadas a oferecerem solução para um problema. Desse modo, algoritmo implica também em um procedimento finito de operações. Historicamente, de acordo com o verbete de várias enciclopédias, o termo “algoritmo”, antes de ser empregado no contexto da computação, teve origem no campo da matemática e da filosofia. Supõe-se que o primeiro uso do termo no contexto da matemática se deu a partir do nome do matemático Abu Ja’far Maomé ibn Mûsâ al-Khowârizm (825), que escreveu o livro *Algorithmi de numero indorum*, abordando o conceito de algoritmos no contexto do sistema decimal indiano. Além disso, o termo é verificado no campo da filosofia, com textos datados por volta de 300 a.C., como o “Algoritmo de Euclides” (Britannica, 2024). O termo teria sido introduzido na Itália por Leonardo di Pisa, traduzido do árabe por “algarismo” ou algoritmo (Potts, 1879, p. 17) e, a partir das traduções latinas dos livros árabes de álgebra e hindus de aritmética, o termo fica conhecido em outros países europeus. Na área da música, ambos os termos “generativo” e “algoritmo” estão presentes em diversos domínios criativos, como se verá adiante.

Voltando ao termo generativo, o desdobramento mais evidente da proposta de Chomsky foi o livro de Fred Lerdahl e Ray Jackendoff *A Generative Theory of Tonal Music* (1983). Os autores, ao compreenderem o sistema tonal como uma linguagem (pois esse sistema possui sintaxe bem estabelecida), adotaram o conceito de “generativo” de modo similar à gramática de Chomsky, ou seja, propondo um conjunto finito de regras que viabilizariam um número infinito de estruturas musicais possíveis (Hansen, 2010). O livro de Lerdahl e Jackendoff, apesar de bem conhecido, curiosamente não produziu impacto na área de teoria musical, uma vez que é raramente incluído nos currículos de cursos. Entretanto, continua sendo de grande relevância em diversos campos da pesquisa em música, sobretudo nas áreas da computação musical, cognição e psicologia da música (Hamanaka; Hirata; Tojo, 2006; Hansen, 2010)¹.

Desde o legado de Chomsky, de forma dinâmica, o processo de construção de teorias e conceitos que visam compreender e ou explicar os mecanismos de formação das mais diversas formas de linguagens (oral, computacional, musical etc.) tem sido uma constante. Foram propostas diversas taxonomias, cálculos, diagramas e outras ferramentas para auxiliarem a compreensão dos complexos mecanismos comunicativos. Ao longo do século

¹ Para fornecer uma dimensão da relevância para a pesquisa em música do trabalho de Lerdahl e Jackendoff, vide o artigo de Niels Hansen (2010) sobre o legado da Teoria Generativa da Música Tonal.

XX, terminologias como “algoritmo”, “generativo” e “procedural” foram sendo revisitados e, assim, adquiriram novas formas e significados, transformando-se em objetos de criação (Boden; Edmonds, 2009).

Especificamente nos ambientes de criação artística, essas formas e modelos ganharam nova dimensão com o surgimento da era da informática. Com suporte do computador, expressões como “música algorítmica”, “música generativa”, “música procedural” e, posteriormente, “música metacriativa” passaram à ordem do dia. Justamente esses termos que ora se aproximam ora se afastam compõem o objeto de estudo deste artigo.

Exatamente a coexistência de várias terminologias, bem como os usos diversos e transdisciplinares de procedimentos similares, fazem com que as fronteiras delimitadoras dos conceitos sejam cada vez mais deslocadas e imprecisas (Wooller, 2005). Chega-se, assim, ao momento em que um termo ou expressão (como música computacional, por exemplo) deixar de ser elemento de diferenciação e passar a agir como aglutinador de conceitos, estilos, processos e técnicas.

Já ao final do século XX, Papadopoulos e Wiggins (1999), em seu trabalho *All the Methods for Algorithmic Composition: A Survey, a Critical View and Future Prospects*, apontaram as dificuldades em categorizar os métodos de composição algorítmica. Essa complexidade não se restringe apenas às terminologias apresentadas, mas também abrange todo o contexto técnico da música criada e assistida por computador. Nesse cenário, emergiram novas possibilidades no campo da composição musical e design sonoro abrindo, assim, caminho para abordagens inovadoras e criativas.

Sobretudo na última década do século XX e nas seguintes do século XXI, os termos “generativo”, “procedural”, “algoritmo” e “metacriativo” vieram a formar o alicerce para a construção de fenômenos culturais (Collins; Mclean, 2014), acadêmicos e tecnológicos da música criada e assistida por computador. Esses fenômenos, por sua vez, transitam em diversas esferas, como raves, performances ao vivo, criação de softwares, música eletrônica, automação de procedimentos intrínsecos à composição musical e design sonoro, além de figurar como objeto de estudo em ambientes acadêmicos.

Em vista desse estado de coisas, o objetivo deste texto é fornecer propostas de distinções entre os procedimentos característicos da música computacional, sem pretender, entretanto, contestar as definições correntes. Nossa intenção é auxiliar a compreensão da transformação desses conceitos ao longo da história recente. Ainda, apresentamos a sugestão de uma diacronia com intuito de ilustrar os usos e reúsos das seguintes terminologias: música algorítmica, música generativa, música procedural e música metacriativa.

Como o uso do computador (seja como ferramenta, assistente e ou coautor) tornou-se o procedimento “padrão” para criação de trilhas musicais e design sonoro no universo dos

videogames, a revisão da literatura utilizada para a coleta de dados referentes aos conceitos aqui trabalhados envolve grande número de autores dessa área específica.

Por fim, o uso da própria expressão “música computacional” foi e continua sendo objeto de contestações. A maioria das restrições ao seu uso baseia-se no fato de que, praticamente, todas as tarefas cotidianas são realizadas pelo ou com a assistência do computador². Desse modo, não haveria sentido em definir a prática composicional pela ferramenta usada para a produção de obras. Stravinsky, por exemplo, sabidamente compunha suas obras orquestrais ao piano, e nem por isso seu estilo seria classificado como “música pianística”. No campo das artes visuais, de maneira similar, foi contestado o uso do termo “videoarte”, uma vez que, desde o surgimento de câmeras digitais, o vídeo não é mais o suporte usado na captura de imagens. Na literatura histórica sobre música computacional, encontram-se também outras sugestões para nomear o novo procedimento compositivo que se estabelecia, tais como música e informática, engenharia musical e música digital. No século XXI, a pesquisadora italiana Laura Zattra (cujo livro tem propósito principalmente didático) propõe a seguinte definição: “computer music é o repertório de peças, das pioneiras às mais recentes, que se valem do computador no contexto da pesquisa musical dedicada ao processamento, à transformação e à organização do som³” (Zattra, 2011, p. 31).

O *Grove Dictionary*⁴ prefere não focar na “*computer music*” como um (sub)gênero autônomo. Assim, não há esse verbete, mas sim “*computers and music*” de autoria de John Strawn (2013). Essa expressão oferece, certamente, uma dimensão da vasta amplitude de usos oferecidos pelo computador em conexão com diversos campos do fazer musical (e não somente da composição) tais como, síntese sonora digital, modelagem física, automatização de processos composicionais, editoração de partitura, gravação, mixagem e edição em estúdio (DAW), entre outros.

Sem adentrar aos meandros de querelas similares, neste texto adotamos uma definição operacional, a saber: a música computacional é a música que não poderia ter sido composta sem a utilização do computador. Essa “definição”, em certa medida, vai ao encontro da definição proposta por Curtis Roads, certamente a mais citada (nos artigos utilizados para esse levantamento) para música computacional (talvez, porque seja a utilizada no verbete da Wikipedia):

² Já em 1989, Judson Rosebush afirmava que: “computer art has become a meaningless term, because soon virtually all art will be computerized in some way or another” (Rosebush, 1989, p. 55).

³ No original: “Computer Music è il repertorio di brani, dai pionieristici ai più recenti, che usano il computer nell’ambito della ricerca musicale dedicata all’elaborazione, a la trasformazione e all’organizzazione dei suoni.”

⁴ Iremos referir ao *Grove Music Online* apenas como *Grove*. A opção por essa fonte de referência se dá pela magnitude da obra (51.000 artigos) e pela facilidade de acesso, a partir da versão online (2001), do *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*, cuja primeira versão ocorreu em 1879. Desde então, o dicionário é constantemente atualizado e passou, também, a incluir outras referências publicadas pela Oxford, tais como *The New Grove Dictionary of Jazz*, *The New Grove Dictionary of Opera* e o *The Norton Grove Dictionary of Women Composers*, entre outros.

Música computacional é a aplicação de tecnologia de computação na composição musical, para ajudar compositores humanos a criarem novas músicas ou para que computadores criem músicas de forma independente, como acontece com programas de composição algorítmica. Inclui a teoria e aplicação de tecnologias de software computacionais, novos e existentes, e aspectos básicos da música, como síntese sonora, processamento digital de sinais, design sonoro, difusão sonora, acústica, engenharia elétrica e psicoacústica (Roads, 1996, i)⁵.

Embora alguns autores apresentem restrições quanto ao uso da expressão “música computacional”, é incontestável a relevância das publicações dedicadas ao assunto. Um marco na disseminação de ideias e pesquisas relacionadas ao uso do computador e suas diversas aplicações em música foi o lançamento do periódico *Computer Music Journal*, publicado pelo MIT desde 1977. Curiosamente, no número inaugural dessa revista (fevereiro de 1977), John Snell, editor à época, inicia o editorial de apresentação advertindo os leitores de que se trata de uma publicação altamente técnica para os músicos e, didaticamente, recomenda leituras prévias de outros jornais de modo a iniciar o leitor aos artigos apresentados. Snell escreve:

Eu sugeriria primeiro a leitura do artigo de Max Mathews “The Digital Computer as a Musical Instrument” que apareceu no Vol.142, p.553 da *Science* em 1963. Eu também recomendaria fortemente *The Technology of Computer Music*, também de Max Mathews com a colaboração de J. E Miller [...] publicado pelo MIT Press em 1969. (Snell, 1977, p. 2)⁶.

Apesar do teor técnico envolvido, 46 anos após o editorial de John Snell, não somente a revista do MIT, mas todo o contexto tecnológico, técnico e estético da música computacional continua a interessar músicos, engenheiros, compositores e pesquisadores, indicando, assim, a relevância dos diversos temas encampados por esse domínio do *métier* musical.

Metodologia

A abordagem metodológica aqui adotada para auxiliar a compreensão do estabelecimento e transformação dos conceitos mencionados assemelha-se a um levantamento tipo “estado da arte”. Ao afirmarmos que não se trata realmente de um estado da arte, pretendemos esclarecer que, embora o levantamento realizado tenha sido sistemático e delimitado, as fontes consultadas restringiram-se à literatura disponível em inglês, português, espanhol, francês e italiano. Reconhecemos, portanto, que um levantamento

⁵ No original: “Computer music is the application of computing technology in music composition, to help human composers create new music or to have computers independently create music, such as with algorithmic composition programs. It includes the theory and application of new and existing computer software technologies and basic aspects of music, such as sound synthesis, digital signal processing, sound design, sonic diffusion, acoustics, electrical engineering, and psychoacoustics.”

⁶ No original: “I would suggest first reading Max Mathews’ article ‘The Digital Computer as a Musical Instrument’ which appeared in Vol.142, p.553 of *Science* in 1963. I would also highly recommend *The Technology of Computer Music*, also by Max Mathews with the collaboration of J. E Miller [...] published by MIT Press in 1969”.

extensivo a outros idiomas seria necessário para oferecer um diagnóstico preciso sobre o estado atual de conhecimento em música computacional e, assim, caracterizar a pesquisa estado da arte *stricto sensu*. Todavia, é justo observar que autores de diferentes nacionalidades têm preferido publicar em inglês – note-se, para confirmar, os vários autores arrolados nas referências deste artigo. Desse modo, essas publicações contribuem para compor uma amostragem expressiva deste levantamento, mesmo que não tenham sido escritos em idioma nativo dos autores.

Alguns verbetes de enciclopédias serviram para fornecer não somente definições, mas também a diacronia histórica referente às transformações ocorridas na música computacional. De particular interesse, neste aspecto, foram dois verbetes do *Grove*. O primeiro, “Lejaren Hiller” (escrito por Andrew Stiller, 2001), pesquisador e compositor norte-americano considerado o pioneiro na programação do computador com fins composicionais. Hiller “criou” aquela que é considerada historicamente a primeira obra musical gerada por um computador: *ILLIAC Suite*, 1957, posteriormente renomeada para *String Quartet no.4* (Stiller, 2001). O segundo foi “Computers and Music” (escrito por John Strawn e revisado por Alan Shockley 2013), já comentado.

O levantamento quantitativo da produção que objetiva ao estudo e à criação de procedimentos para potencializar o uso do computador pode ser realizado buscando-se por descritores, tais como música ou composição “generativa”, “procedural”, “algorítmica” e “metacriativa”. Estes termos, algumas vezes são tratados pelos autores como complementares, sinônimos ou distintos, gerando o problema semântico motivador desta revisão. Em alguns casos, essas terminologias passam a compor jargões de grupos acadêmicos ou sociais distintos, complicando, assim, a compreensão do fenômeno como um todo. Vários autores apontam os problemas causados pela falta de precisão no uso das terminologias (Dorin, 2001; Järveläinen, 2000; Papadopoulos; Wiggins, 1999). Wooller e Brown (2005, p. 21), por exemplo, atestam que os termos “arte generativa” e “arte computacional” têm sido usados em conjunto, e mais ou menos de maneira intercambiável, desde os primeiros dias. Plut e Pasquier (2020, p. 2) afirmam que música algorítmica, procedural e metacriativa são sobretudo sinônimos (vide adiante nota de rodapé 18).

Como o uso do computador tornou-se ubíquo em praticamente todos os setores do fazer musical, e como nosso interesse específico é, por meio de análise de terminologias, compreender as inovações e transformações que impactaram o campo da criação musical, restringimos as buscas aos textos que tratam do uso do computador como mediador ou produtor de obras musicais. Dessa maneira, trabalhos relativos a pesquisas nas áreas da audição computacional, transcrição e notação musical assistida por computador, softwares corretores de afinação, instrução musical assistida por computador, modelagem física do som

(criação e recriação digitais de instrumentos musicais) entre outros, não fazem parte do levantamento aqui apresentado.

De modo específico, o procedimento metodológico aqui adotado envolveu a busca por trabalhos acadêmicos, de divulgação científica e didáticos utilizando-se a base de dados Google Acadêmico ou Google Scholar. Essa base de busca foi escolhida em razão da praticidade que oferece, mas também porque fornece resultados de outros repositórios importantes da área, tais como Jstor e Academia.edu. Foram utilizados os seguintes descritores: “algorithmic composition”, “algorithmic music”, “generative composition”, “generative music”, “procedural composition”, “procedural music”, “meta-creative music” e “meta-creative composition”. No caso do idioma francês, a busca foi feita levando em conta as especificidades dessa língua. Desse modo, também buscamos pelos descritores “informatique musicale” e “musique et ordinateur”. A primeira busca foi realizada sem restrições de datas ou idiomas. A seguir, procedeu-se a leitura preliminar dos resultados obtidos com intuito de realizar uma triagem, excluindo-se os trabalhos que não objetivavam a tratar de aspectos composicionais.

A seleção desses descritores foi motivada por dois fatores que consideramos problemáticos. Primeiro, a mencionada sugestão de Plut e Pasquier (2020) de que essas terminologias podem ser intercambiáveis. Segundo, no fato de que nossa leitura prévia mostrou que esses termos, embora tenham origens em áreas diferentes (matemática, linguística, computação, psicologia cognitiva, artes), são usados indistintamente para descrever o mesmo fenômeno no campo da música.

Apesar de a busca com o descritor “algoritmo” mostrar resultados que remontam ao século XIX⁷ e continuam até o presente ano⁸ (figura 1), optamos por delimitar o presente artigo em um recorte temporal desde os anos de 1960 até os dias atuais, incluindo, todavia, o artigo do Noam Chomsky (1956), visto que este desempenha um papel fundamental na formulação do conceito “generativo”. Deste modo, foram selecionados os textos acadêmicos (incluindo: artigos, livros, capítulos de livros, TCCs, dissertações e teses), lidos e analisados com o foco nas apresentações das terminologias, bem como, os usos e descrições particulares de cada autor.

⁷ Vide, por exemplo, Lowry, 1875.

⁸ A busca realizada em fevereiro de 2024 apresenta 1.390.000 resultados, em qualquer idioma, para o descritor algoritmo. Somente no primeiro mês do ano de 2024 já foram publicados 1.430 textos tratando desse assunto na sua relação com a música (figura 1). É curioso constatar que mesmo tratando-se de um assunto introduzido há séculos, o termo algoritmo parece ainda não ter conseguido estabelecer uma definição consensual. Veja-se, por exemplo, o capítulo de Yiannis Moschovakis, de 2001, com o título: “What is an algorithm?” propondo outra maneira de melhor definir o termo no campo das ciências da computação. Ver também “O uso do conceito de algoritmo em pesquisas brasileiras em música” (De Oliveira, 2020) e diversas inovações no uso de algoritmos na área da música (Edwards, 2011; Prechl, 2014; Manaris; Stevens; Brown, 2016).

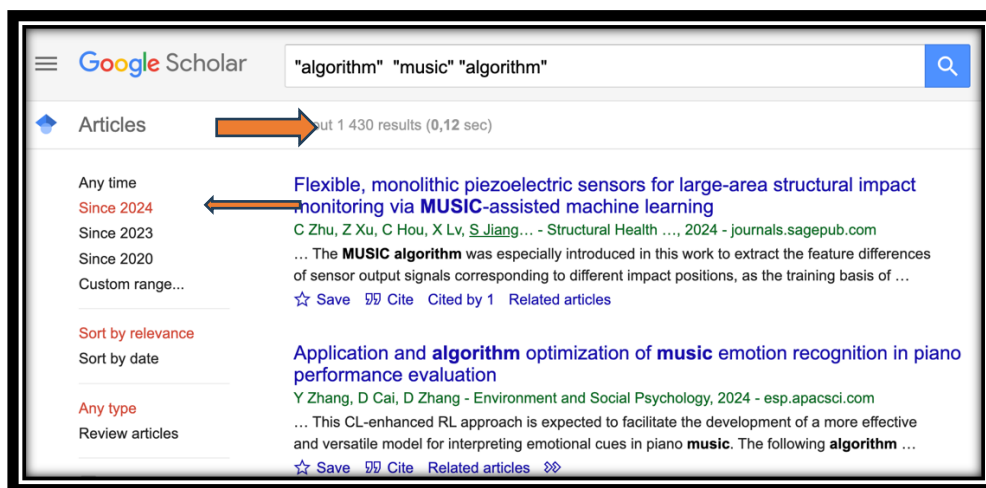


Figura 1 – Captura de tela da busca realizada no Google Scholar, mostrando 1430 resultados para o termo “algoritmo”, em relação com a música, somente em janeiro de 2024

Observações preliminares

De saída, nota-se que, no domínio da criação musical associada ao uso de computadores, a grande parte da literatura representa as áreas da música eletroacústica e dos videogames. A música eletroacústica adquiriu predominância no uso criativo de equipamentos eletrônicos desde, pelo menos, a década de 1950, com as experiências pioneiras de Pierre Schaeffer e Karlheinz Stockhausen. Posteriormente, com o acesso menos restrito a computadores e softwares, tarefas como análise, síntese, processamento e modelagens sonoras passaram a valer-se majoritariamente desses recursos. Entretanto, no contexto atual dos videogames, devido à característica interativa destes, as músicas são totalmente criadas, manipuladas e/ou reproduzidas utilizando-se algoritmos computacionais e com a mínima intervenção humana (Wooler; Brown, 2005; Collins, 2009; Silva; Corrêa, 2023). Música reproduzida por computador, neste âmbito, refere-se à possibilidade de o computador escolher a partir de um banco sonoro/musical o áudio que vai acompanhar o jogador em um momento específico de jogo. Justamente por conta do acolhimento de distintas técnicas criativas, a indústria dos videogames tornou-se um espaço de inovação tecnológica para a composição musical. “Os videogames são talvez uma forma de mídia ideal para uma música procedural” (Collins, 2009, p. 5), adaptando-se à natureza dinâmica e interativa dos games.

Ao lado do que já foi comentado sobre o verbete do *Grove* em relação à música computacional, é interessante também observar o uso dos outros termos de busca aqui utilizados. Música algorítmica não possui verbete específico, mas a expressão “composição algorítmica” (*algorithmic composition*) aparece em verbetes bibliográficos, tais como “Lejaren Hiller” (escrito por Andrew Stiller), pioneiro na música computacional.

Vale já esclarecer que o termo algoritmo não se restringe ao domínio matemático-computacional. De modo genérico, algoritmo pode subentender qualquer conjunto de operações estabelecidas previamente com o propósito de se atingir um objetivo específico. Este objetivo pode ser a resolução de um problema matemático, a logística de transporte para se fazer entrega de mercadorias de maneira otimizada, o mapeamento de redes de comunicação etc. De acordo com o teórico David Cope (2000), justamente em razão dessa abrangência, usa-se algoritmo quando uma atividade qualquer for reduzida a uma série de regras ou instruções que automatize esta atividade. Na música, os algoritmos são empregados de diversos modos e especialmente na composição aparecem de forma variada. A maneira sugerida por Cope para classificação destas formas é observar como o algoritmo participa do processo composicional. Assim, é possível separar duas situações: os procedimentos que fazem e os que não fazem uso de computadores. As composições que se valem do computador permitem ainda outra subdivisão: música composta pelo computador (quando o algoritmo é apto a tomar decisões próprias durante o processo de criação) e a música composta somente com a ajuda do computador.

Não há entrada para “música generativa” no *Grove*. Porém, o termo generativo aparece em alguns verbetes bibliográficos e nos verbetes “Laptop” (escrito por Edmond T. Johnson), “Brain-computer music interface” (autoria de Anne Beetem Acker), além de várias menções no verbete “Psychology of Music” (extenso verbete com diversos contribuintes: Diana Deutsch, Alf Gabrielsson, John Sloboda, Ian Cross, Carolyn Drake, Richard Parncutt, Stephen McAdams, Eric F. Clarke, Sandra E. Trehub, Susan O'Neill, David Hargreaves, Anthony Kemp, Adrian North e Robert J. Zatorre).

Não há verbete “procedural music” ou “procedural composition”. Contudo, o termo isolado “procedural” aparece em verbetes bibliográficos e recebe algumas menções em textos sobre teoria e análise. Todavia, sua definição mais detalhada não vem da composição, mas aparece relacionada à memória procedural (entrada “Memory, memorizing”, escrita por Jonathan Dunsby).

Como já observado, não há verbete “computer music”, mas a expressão aparece em diversos verbetes biográficos, como “Max Mathews” (escrito por Olivia Mattis), em verbetes de instituições, tal como “Institut de Recherche et Coordination Acoustique/ Musique” (escrito por Peter Manning).

É possível notar que os livros sobre computação musical (Zattra, 2011; Rondeleux, 1999; Manning, 1985) apresentam, aproximadamente, a mesma estrutura. Os autores traçam um panorama histórico sobre a integração do computador no *métier* musical, destacando os trabalhos dos pioneiros (Lejaren Hiller e Max Mathews são sempre mencionados), a grande relevância das instituições promotoras desses experimentos (MIT, Bell Labs), as instituições que se formaram posteriormente (como o IRCAM) na esteira da nova tecnologia que surgia e

o ganho expressivo com os implementos da pesquisa interdisciplinar em música. Rondeleux, por seu turno, oferece uma análise detida do impacto trazido pelo computador na área da música, ressaltando o definitivo estabelecimento da cooperação entre compositor e técnicos de informática (engenheiro de computação, programadores etc.). Além disso, mas não menos importante, enfatiza o crescimento exponencial da pesquisa em música, alavancada com a chegada da era digital, na sua interação com outras áreas do conhecimento, tais como matemática, acústica, ciências cognitivas, entre outras. Ainda, Rondeleux prevê, em 1999, que o caminho a ser seguido no contexto da música computacional será a associação criativa entre compositor e máquina. Esse prognóstico pode também ser verificado na forma como Peter Manning renomeou o capítulo de seu livro pioneiro: *Electronic and Computer Music* (1985). Esse livro recebeu duas reedições: 1993 e 2004. O capítulo conclusivo dessas três versões foi assim (re)nomeado: *Conclusion* (1985), *New horizons in digital technology* (1993) e *From computer technology to musical creativity* (2004). Esses novos títulos seguem o sentido apontado por Rondeleux.

Por outro lado, como já mencionado, no *Grove* há a entrada “Computers and Music” (escrito por John Strawn, 2013, e revisado por Alan Shockley). Retomamos esse ponto aqui para enfatizar, em sintonia com a metodologia adotada neste texto, que mesmo não sendo o termo de busca utilizado para fornecer dados para o levantamento aqui proposto, é também interessante notar o alto número de publicações sob o termo “computer music”. Restringindo-se a busca no Google Acadêmico ao idioma inglês, nas quais o termo aparece no título, obtêm-se 1450 resultados. Destes, 615 foram publicados de 2011 a 2024 e 341 de 2000 a 2010. Isso mostra que ainda é grande o interesse pelo assunto. O perfil cardinal do incremento de publicações desde 1950 é mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Perfil quantitativo, por décadas, dos resultados de busca no Google Acadêmico, restrita ao idioma inglês, para o descritor “computer music” usado no título dos trabalhos



Realizando a mesma busca no idioma francês, obteremos: “musique à l’ordinateur” = 0 resultados; “composition musicale par ordinateur” = 34 resultados; “informatique musicale” = 3770 resultados. Destes, 503 resultados estão compreendidos no período de 1960 a 1999 e 3100 de 2000 a 2023 (Gráfico 2). Usando o descritor “musique et ordinateur” a busca resulta em 32 publicações (de 1960 a 2024). O perfil do aumento de publicações com esse termo de busca é mostrado no Gráfico 3. Nota-se, além da óbvia preferência pelo termo “informatique musicale”, um evidente perfil ascendente no número de resultados a partir de 2000, perfil este em sintonia com os gráficos 1 e 2, apontando um aumento relevante no número de publicações sobre o tema.

Gráfico 2 – Resultado da busca com o descritor “informatique musicale” (3.770 resultados), indicando uma concentração (3.100) de publicações a partir do ano 2000.

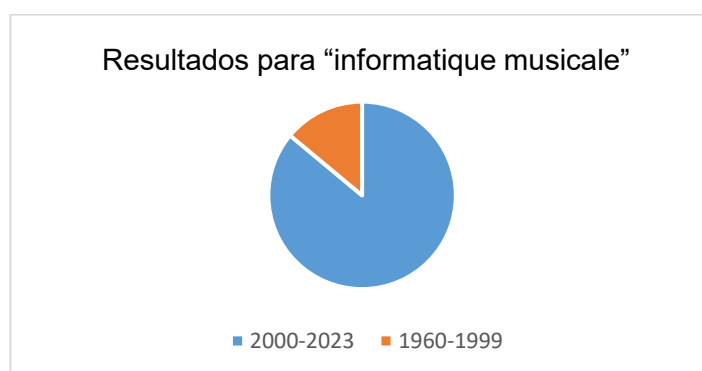


Gráfico 3 – Perfil quantitativo, por décadas, a partir de 1960, dos 32 resultados de busca, utilizando-se o descritor “musique et ordinateur”



Décadas de 1960 e 1980: “Um computador é capaz de compor uma música?”

Atualmente, no contexto extensivo da inteligência artificial, das redes neurais e da *deep learning*, a pergunta “um computador é capaz de compor uma música?” lançada pelo pesquisador Peter Langston (1989, p. 59) parece sem sentido. E talvez a questão já fosse

anacrônica ao final da década de 1980, pois os computadores já haviam sido usados com fins composicionais desde 1957, como já comentado. Entretanto, há uma sutileza escondida na interrogação do autor: o grau de participação do ser humano. A pergunta poderia ser refeita para “um computador é capaz de sozinho compor uma música?”. Seis anos depois, Adam Alpern (1995), em seu artigo intitulado *Techniques for Algorithmic Composition of Music*, respondeu afirmativamente, oferecendo a possibilidade de se criar uma música automatizada por meio de processos formais e com a mínima intervenção humana. Porém, para Alpern, essa música não estaria exclusivamente interessada no resultado final, mas no processo em si. Essa ressalva aponta para uma diferença inicial entre uma composição algorítmica e uma composição procedural.

De modo geral, toda música computacional implica o uso de algoritmos; porém, o grau de (in)determinação e de liberdade do produto (ou tarefa) final a ser atingido é o elemento diferencial. Se tomarmos a definição de Papadopoulos e Wiggins (1999, p. 110), reformulando a definição de David Cope (1993): “a composição algorítmica poderia ser descrita como uma sequência (conjunto) de regras (instruções, operações) para resolver (realizar) um problema [particular] (tarefa) [em um número finito de etapas] de combinação de partes musicais (coisas, elementos) em um todo (composição)⁹”, percebemos que algoritmo possui um objetivo bem determinado. No caso particular de Cope, por exemplo, o objetivo do algoritmo é gerar músicas em estilos definidos, como barroco ou clássico (Cf. Birchfield, 2003). Esse objetivo também encontra similaridade à tese de Menezes, 2008, *Composição Algorítmica de Fugas ao Estilo de J. S. Bach*). Claro que cada novo uso do algoritmo irá gerar uma obra musical diferente da anterior, mas o estilo será o mesmo, já que essa é a tarefa específica programada. Entretanto, no âmbito da composição procedural, o resultado é flexível, aberto, e não totalmente determinado na origem.

Essa característica das obras procedurais é a mais reiterada nos textos aqui considerados. David Worrall apresenta a seguinte definição: “o processo de construção do procedimental é diferente das abordagens anteriores porque não tenta criar diretamente o ‘objeto’, mas formulando comandos e procedimentos que descrevem o comportamento de um modelo conceitual. A imagem/som resultante é manipulada conceitualmente através da manipulação dessas regras e seus argumentos¹⁰” (Worrall, 1994, p. 4). Nesse procedimento, a programação (às vezes descrita como scripts para, justamente, distinguir de algoritmo) não especifica o objeto a ser criado, mas informa características e comportamentos esperados e

⁹ No original: “Algorithmic composition could be described as a sequence (set) of rules (instructions, operations) for solving (accomplishing) a [particular] problem (task) [in a finite number of steps] of combining musical parts (things, elements) into a whole (composition)”.

¹⁰ No original: “the proceduralist’s construction process is different from past approaches in that it does not attempt to create the “object” directly but by formulating commands and procedures that describe the behaviour of a conceptual model. The resulting image/sound is manipulated conceptually by manipulating these rules and their arguments.”

o computador cria algo baseado nesses parâmetros. Como a criação de um objeto artístico é indireta, via modelagem de comandos (e não diretamente, como na programação algorítmica determinística), pode ocorrer que o objeto gerado seja inusitado ou inesperado. Entretanto, esse é um aspecto diferencial da arte procedural, pois qualquer produto criado é válido esteticamente, já que a ênfase está no processo e não no objeto.

No âmbito das artes visuais, Judson Rosebush (autor do *Manifesto Procedural*), além de reforçar o foco no processo, apresenta um interessante ponto com relação ao fundamento estético da arte procedural, situando-a como uma “evolução histórica natural da arte conceitual processual¹¹” (Rosebush, 1989, p. 55). Ao estabelecer este vínculo com o movimento da arte conceitual, o autor evidencia o aspecto de a ideia ser mais relevante que a obra. E, ao direcionar a criação procedural para a subcategoria arte conceitual processual, Rosebush esclarece que não somente o conceito, mas também o processo torna-se parte relevante para a construção da obra e elemento integrante da experiência estética desta.

Essa nova atitude criativa, atribuindo mais flexibilidade ao computador e trazendo o processo ao primeiro plano, produziu discussão no âmbito estético entre os críticos que questionavam o grau ou relevância artística das obras geradas. Embora os compositores estivessem mais interessados em experimentar possibilidades ao implementarem algoritmos, sendo que qualquer resultado gerado pelo computador era considerado válido nesse contexto experimental (Papadopoulos, 1999), foram feitas tentativas de referendar a validade estética dessas obras por meio do teste de Turing. Inspirado pela proposição de Alan Turing, foi sugerido que se as músicas criadas por computadores fossem avaliadas por especialistas (sem que estes soubessem como foram criadas ou quem as criou) e se estes não conseguissem perceber diferenças significativas em comparação com outras obras compostas por humanos (sem auxílio do computador), então o sistema havia sucedido. Entretanto, Ariza (2009, p.48) contesta os resultados obtidos com tais experimentos, pois estes testes não avaliam todas as possibilidades do sistema, e como um sistema oferece inúmeras variáveis, as respostas dos ouvintes externos serão sempre limitadas a um número reduzido de possibilidades.

A respeito do uso do termo, a busca realizada, sem restrição de idioma, com o descritor “procedural composition” mostrou 317 resultados. Após filtragem, a mesma busca aponta somente 3 ocorrências em idioma diferente do inglês: um em francês, outro em espanhol e outro em português (nenhum destes ligados à área de música). No total geral, em qualquer idioma, o termo começa a aparecer em trabalhos a partir de 1969, mas relacionado à programação. Uma primeira citação no campo das artes surge no relatório interno do MIT de 1979, *Logo Music Projects: Experiments in Musical Perception and Design*, escrito por Jeanne Bamberger, sobre

¹¹ No original: “proceduralism represents a natural, historical evolution from conceptual process art”.

um experimento com um jogo musical. Contudo, neste texto a expressão não é usada para definir uma forma de compor ou uma abordagem criativa específica. De 1989 até 1999 ocorrem 63 resultados (21%), sendo vários na área das artes, ressaltando que, em alguns trabalhos, a composição procedural é chamada de teoria da delegação (*delegation theory*). Há diversos trabalhos discorrendo sobre programas de computador para a criação baseada na programação de procedimentos. No período de 2000 a 2023 ocorrem 245 resultados (79%), destes 111 envolvem a criação musical e destes, 80 resultados são na área da *game music*. O gráfico 4 ilustra a diferença em porcentagem dos trabalhos publicados entre 1989 a 1999 e 2000 a 2023, indicando o mesmo aumento em publicações comentados nos gráficos anteriores. Modificando-se a busca para “composição procedural” obtém-se seis resultados em português, sendo apenas dois na área da música, ambos da última década e na área do videogame. Esses resultados evidenciam que, apesar de a composição procedural ser uma atitude criativa surgida no início da década de 1990, o resgate desse termo pela área do videogame alavancou a produção de textos sob essa denominação nas duas últimas décadas.

Gráfico 4 – Resultados da busca com o descritor “procedural composition” (sem restrição de idioma), indicando intensificação de publicações a partir do ano 2000



Neste ponto, poderíamos aventar uma diferenciação entre os procedimentos iniciais da composição algorítmica e da composição procedural. O procedimento algorítmico possui um objetivo definido, ou seja, o computador deve criar uma música em um estilo específico, enquanto o método procedural flexibiliza o resultado e centra foco no processo. Na criação procedural, portanto, o programador (seja o próprio compositor ou um técnico) trabalha em um ambiente onde planeja e programa a música para depois se tornar tanto o espectador quanto o crítico desta (Brown; Sorensen, 2009). Adianta-se, entretanto, que, como ver-se-á adiante, essa distinção irá parecer muito próxima à definição de música generativa quando o termo é trazido para o âmbito composicional por artistas como Brian Eno.

De 1990-2010: o computador pode ser criativo?

Depois de os artistas haverem comprovado que o computador era sim capaz de compor música com a mínima intervenção humana e que essas obras poderiam ser acolhidas no domínio de uma experiência estética significativa, o foco dos criadores foi redirecionado para investigações ligadas à criatividade. A pesquisadora finlandesa Hanna Järveläinen sumariza a problemática dessa maneira:

Tão logo a música pôde ser gerada automaticamente, surgiu a questão: se o resultado de um algoritmo poderia ser chamado de composição. Gerar música automaticamente dentro de uma determinada estrutura de trabalho não é sinal de qualquer criatividade particular; além disso, um número arbitrário de peças poderia surgir do mesmo algoritmo. Talvez o criador do algoritmo deva ser creditado¹². (Järveläinen, 2000, p. 2).

As experimentações ao encontro de uma computação criativa promoveram, entre outras significativas realizações, o resgate do termo generativo conduzindo à chamada “composição generativa”. Esse resgate se deveu, em parte, ao fato de alguns artistas compreenderem uma proximidade entre os conceitos de algoritmo e de processo. Alan Dorin, por exemplo, afirma que “quando um processo cria uma nova entidade, ou provoca novas circunstâncias, é um processo generativo no que diz respeito à(s) mudança(s) que provoca¹³” (Dorin, 2001, p. 53).

Apesar de as experimentações em música generativa haverem iniciado em meados da década de 1990 (Brown, 2005), alguns autores tentam remontar os primórdios desse procedimento a épocas bem anteriores. O compositor italiano Riccardo Tristano Tuis compreende que a “obra” *Musikalisches Würfelspiel* (Jogo Musical com Dados, 1787) de W. A. Mozart pode ser considerada o primeiro algoritmo de composição generativa (Tuis, 2010, p. 25). Já Giuliano Lombardo remonta o pioneirismo “generativo” a 1026 com o procedimento criado por Guido d’Arezzo (também mencionado por Järveläinen, 2000), esclarecendo que “por composição automática entendo a formalização de um procedimento que gera uma composição sem necessidade de posteriores contribuições do autor além da definição inicial das regras generativas¹⁴” (Lombardo, 2010, p. 2). Embora esses autores estivessem envolvidos em aspectos históricos, esses comentários já indicam duas características enfatizadas nos trabalhos sobre “composição generativa” consultados: a produção de eventos

¹² No original: “But as soon as music could be generated automatically, the question arose, whether the outcome of an algorithm could be called a composition. Generating music automatically within a given structural framework is not a sign of any particular creativity, furthermore, an arbitrary number of pieces could be popped out of the same algorithm. Perhaps the maker of the algorithm should rather be credited.”

¹³ No original: “When a process creates a new entity or brings about novel circumstances, it is a generative process with respect to the change(s) it brings about.”

¹⁴ No original: “Per composizione automatica intendo la formalizzazione di una procedura che generi una composizione senza bisogno di ulteriore apporto da parte dell’autore se non quello della definizione iniziale delle regole generative.”

irrepetíveis e a função limitada do compositor – este participa com a concepção e a escrita do processo (como o algoritmo é por vezes denominado) que depois de implementado já pode prescindir não somente do compositor, mas de outros agentes, como músicos, produtores, artistas (Biles, 2002; Brown, 2005).

Imbuídos também de um interesse histórico, Boden e Edmonds publicaram um artigo que, como já indicado no título, intencionava esclarecer o que é arte generativa, propondo também taxonomias para outras vertentes na intersecção entre arte e tecnologia: “What is generative art?” (2009). Os autores apresentam nesse texto uma distinção entre Arte Generativa (G-art) e Arte Generativa Computacional (CG-art). Ao proporem essa diferenciação, eles compreendem na arte generativa a mesma possibilidade acima descrita para a música algorítmica, ou seja, ambos os procedimentos podem prescindir do uso do computador (ver também: Galanter, 2003). Os mesmos autores trazem ainda outro dado histórico ligado à área das artes, a saber, a realização da primeira exposição com termo “generativo” usado conectando arte e computação: *Generative Computergraphik* ocorrida em Stuttgart em 1965 (Boden e Edmonds, 2009). Três anos depois, o pioneiro alemão na arte computacional, Georg Nees publicaria a primeira tese, com o mesmo título da exposição, sobre arte gerada por computador (Nake, 2018).

É comumente creditado ao artista britânico Brian Eno a difusão do termo música generativa (Lombardo, 2010; Brown, 2005). Após ter utilizado, em 1995, o programa chamado *Koan Pro*, criado pela companhia SSEYO (desde 2007 *Intermorphic*), Brian Eno lançaria em 1996 “Generative Music 1 – with SSEYO Koan Software”¹⁵. Tratava-se de um disquete (*floppy disk*) contendo 12 peças generativas de Eno, incluindo também um *soundcard*. Posteriormente, Brian Eno criaria seu próprio app de música generativa batizado por ele *Reflection* (Eno, 2009). No documentário “Brian Eno – In Conversation” (2009)¹⁶, Eno define música generativa como “um estoque limitado de material que está sendo re combinado, misturado e emerge em diferentes formas”. Ele esclarece que a função do artista não é produzir obras, mas inventar um sistema que produza obras. Depois de criado, o sistema continua produzindo infinitas (re)combinações que são percebidas como novas (já que os resultados não são repetidos), mas preservam uma familiaridade sonora perceptível.

As buscas realizadas com o descritor “música generativa” e “composição generativa” dão resultados distintos, o que indica que ambos os termos têm utilizações específicas. No entanto, algumas observações são necessárias. Na maioria dos textos sobre “composição generativa” a expressão “música generativa” também aparece. Em quaisquer dos idiomas pesquisados, o termo “música generativa” oferece muito mais resultados que “composição

¹⁵ Informações disponíveis no site da *Intermorphic*: <https://intermorphic.com/archive/sseyo/koan/generativemusic1/>

¹⁶ *Brian Eno – In Conversation*, Artscape, ABC HD, Austrália, 2009. Documentário disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ywxo4dOHUPE>.

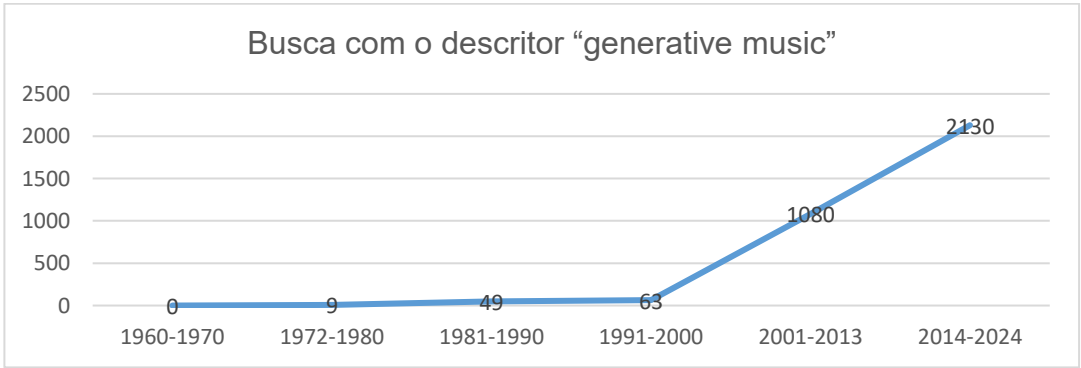
generativa”, apontando assim para uma preferência por aquele termo. As buscas com ambos os descritores indicam um aumento significativo da produção a partir do ano 2000. Com a exceção do idioma português, há uma quantidade expressiva de textos na área do videogame (quadro 1), indicando que, embora incipiente nos países lusófonos, os pesquisadores têm uma área fértil ainda carente de investigações.

Quadro 1 – Demonstrativo dos resultados de busca para o descritor “música generativa”, classificados por idiomas e em dois períodos, seguido da porcentagem do total na área dos videogames

Descritor	1960 - 2000	2001 - 2024	Refinamento	% após delimitação
<i>Música generativa</i>	3	73	<i>Videojuegos</i>	47 (64%)
<i>Musique generative</i>	2	36	<i>Jeux vidéo</i>	23 (63%)
<i>Musica generativa</i>	3	29	<i>Videogiochi</i>	21 (72%)
Música generativa	0	56	videogames	21 (37,5%)

A busca restrita ao idioma inglês com o descritor “generative music” dá 3450 resultados, sendo 3220 de 2001 a 2024 e 121 no período de 1960 a 2000. O gráfico 5 ilustra o perfil cardinal do aumento da produção separados por décadas. Embora a busca, restrita ao idioma inglês, com o descritor “generative composition”, assim como nos outros idiomas, ofereça menos resultados (382), é possível observar o mesmo perfil de incremento de textos nas duas últimas décadas além de uma quantidade expressiva de trabalhos na área dos videogames (ou game music), a saber: 215 resultados, correspondendo a 56% do total geral. Os resultados para “generative composition” são assim classificados por décadas: 1960 a 1970 = 2; 1971 a 1980 = 3; 1981 a 1990 = 9; 1991 a 2000 = 13; 2001 a 2013 = 131; 2014 a 2024 = 215.

Gráfico 5 – Perfil quantitativo, por décadas, dos 3450 resultados de busca limitada ao idioma inglês utilizando-se o descritor “generative music”



Outra dedução possível a partir do levantamento realizado é o resgate do termo “música generativa” a partir do ano 2000, passando a ser amplamente utilizado pelos pesquisadores trabalhando com a criatividade computacional. Além disso, o termo passa a ser reutilizado de modo interdisciplinar, por exemplo: na criação de programas (Järveläinen, 2000; Dorin, 2001; Biles, 2002), expandindo campos da criação automatizada de modo a acolher outros domínios cognitivos (emoção, Birchfield, 2003; psicologia da percepção da forma, Collins, 2009), no campo da teoria e análise (Hamanaka; Hirata; Tojo, 2006; Boden; Edmonds, 2009; Meneguetto, 2011), na área da composição musical para filmes (Hedemann; Sorensen; Brown, 2008); sonificação (Al-Rifaie, 2015); na dança (Carlson, 2016); resgatando os conceitos linguísticos apresentados por Chomsky em 1956 (Wooller, 2005; Meneguetto, 2011; Naddeo, 2014); na relação com a performance ao vivo, notação musical e música eletroacústica (Eigenfeldt, 2014); métodos generativos como forma de avaliação dos próprios sistemas generativos musicais (Yang; Lerch, 2018). Por fim, também ocorre em estudos sobre os impactos perceptuais trazidos com a música generativa nos quais os autores investigam a renovação da escuta implicada nessa nova atitude compositiva. Um desses trabalhos vem da cantora e pesquisadora irlandesa Michelle O’Rourke que em sua tese intitulada *The Ontology of Generative Music Listening* (2014) propõe a seguinte definição para o termo: “música generativa pode ser definida, *grosso modo*, como uma prática composicional que coloca em movimento um sistema com algum grau de autonomia que, por sua vez, resulta na geração musical complexa¹⁷” (O’Rourke, 2014, p. 2). Observa-se que essa definição é muito próxima à definição oferecida por Philip Galanter (2003, p. 4), certamente a definição mais citada para o termo arte generativa.

Sobretudo na área dos jogos eletrônicos, observa-se que a incorporação do termo “generativo” ocorreu pela intenção de compositores e game designers desenvolverem métodos que permitissem ao computador gerar resultados realistas e cada vez mais próximos aos encontrados no ambiente natural (como o fluxo do vento, movimentos e colorações do fogo, sonificação de ambientes etc.) e no comportamento humano (as diferentes atitudes corporais e formas de expressão verbal). Nota-se, assim, que o procedimento adotado implica na existência de um objetivo a ser atingido (separando-se do método procedural, que permitia resultados não direcionados ao cumprimento de uma tarefa específica), entretanto, a consecução desse objetivo deve contemplar soluções irrepetíveis.

Não obstante o crescente número de publicações sobre música generativa, os autores não chegaram a um consenso sobre uma definição precisa do termo. Como a preferência na área dos videogames é pelo termo “composição procedural” (vide adiante), porém aplicando

¹⁷ No original: “Generative music can be broadly defined as a compositional practice which sets a system into motion with some degree of autonomy which in turn results in a complex musical generation.”

métodos que poderiam ser denominados de generativos, a confusão aumenta. Wooler, por exemplo, comentando sobre Brian Eno, aponta que uma das características da música generativa é “ser procedural, ou seja, uma música criada através de processos mediados e executados por computador” (Wooler, 2005, p. 109). Nesse entendimento, a música generativa englobaria a procedural, mas não o contrário. Plut e Pasquier (2020) apresentam um “estado da arte” da música generativa no ambiente dos videogames. No amplo levantamento que realizaram, eles comentam a afirmação de Karen Collins de que no videogame todas as músicas são, de certa forma, procedurais. Todavia, os autores utilizam o termo “generativo” como sinônimo de “procedural”. A seguir oferecem a seguinte definição:

Música generativa é a música criada por meio de automação sistêmica e, às vezes, é chamada de música procedural, metacriação musical ou música algorítmica. Esses termos são sobretudo sinônimos e podem ser usados de forma intercambiável, mas nós iremos usar “música generativa” para simplificar¹⁸ (Plut; Pasquier, 2020, p. 2).

Guiados por essa definição, os autores concluem que o citado “Jogo Musical com Dados” de Mozart se trata de uma peça adaptativa, mas não é generativa, procedural ou algorítmica. Nessa perspectiva, se a música não pode ser separada do jogo, então não possui autonomia sistêmica e, conseqüentemente, não pode ser classificada como generativa (Plut; Pasquier, 2020). Todavia, esse entendimento apresenta um viés e poderia ser contestado considerando-se que o objetivo do “Jogo Musical com Dados” é conseguir criar a música (seguindo as regras prescritas pelo programador do algoritmo, neste caso, Mozart). Como todo jogo demanda que um objetivo seja atingido, condição também verificada no caso de Mozart, não haveria justificativa para uma necessária independência entre música e jogo como existe em outros jogos modernos. Em vista disto, a afirmação dos autores só se sustentaria se estivesse delimitada ao contexto dos jogos digitais. Mas, mesmo assim, talvez venham a existir (ou talvez já existam) exceções. É necessário ressaltar, entretanto, que o artigo de Plut e Pasquier versa sobre música generativa exclusivamente no contexto dos videogames. Assim, o estado da arte por eles proposto seria mais precisamente descrito como um levantamento de sistemas generativos desenvolvidos ou empregados no âmbito dos videogames – os autores identificam e analisam 34 sistemas generativos para composição de música para videogames.

A partir do levantamento aqui realizado, outra dedução possível é a retomada do termo generativo no contexto da indústria de jogos digitais em decorrência da necessidade da

¹⁸ No original: “*generative* music is music that is created via systemic automation, and is sometimes called procedural music, musical metacreation, or algorithmic music. These terms are mostly synonymous and can be used interchangeably, but we will use ‘generative music’ for simplicity.”

criação contínua de músicas diferentes durante o jogo. Esse problema foi solucionado com o desenvolvimento dos chamados autômatos celulares (Järveläinen, 2000), dos algoritmos genéticos e evolutivos que, por sua vez, motivou alguns autores a demandarem como característica das músicas generativas esse aspecto evolutivo (também chamado de biológico). A combinação de diversos métodos (matemáticos, evolutivos, gramaticais – Papadopoulos; Wiggins, 1999) e técnicas (Langstom, 1989) viabilizou a modificação de parâmetros musicais em tempo real durante o jogo. Como a quantidade de músicas a serem criadas previamente por procedimentos composicionais convencionais é muito grande levando-se em conta o alta interatividade dos games (Silva; Corrêa, 2023), a solução foi delegar ao computador a geração dessas novas peças durante o jogo. Dessa maneira, uma outra característica da composição generativa é a comentada função do compositor limitada ao momento da implementação do sistema que, posteriormente, dispensa a atuação deste e dos demais artistas envolvidos. Isso foi conseguido em grande parte com o uso dos algoritmos determinísticos (oferecendo um maior controle sobre o resultado final) em substituição aos estocásticos – que devido ao alto grau de aleatoriedade envolvido, torna impossível a previsão do resultado (Järveläinen, 2000).

A partir de 2010: cognição expandida

Maurice Conti, em sua palestra no TED Talks (2016), contextualizou os avanços da área da computação e formulou aquilo que para ele seria o caminho definitivo na parceria humano-máquina: a cognição ampliada. Nesse cenário, o sentido a ser trilhado na área da aprendizagem profunda (*deep learning*) das inteligências artificiais seria em direção à intuição. Não se trata, portanto, de produzir um programa que permita ao computador ser criativo, mas sim, de possibilitar que este aprenda com os seres humanos a tomar decisões baseadas na intuição. Conti denominou esse próximo estágio de cognição aumentada (*augmented cognition*). Ele esclarece que se trata de uma via de mão dupla, onde computadores aprendem com humanos que, posteriormente, terão seu aparato cognitivo também ampliado. Conti, definiu este estágio como o momento de colaboração entre humanos e computadores em que “as tecnologias amplificam nossas habilidades cognitivas para que possamos imaginar e projetar coisas que estavam simplesmente fora do nosso alcance como simples e velhos humanos não aumentados¹⁹” (Conti, 2016, 7’40”). O sentido da inteligência artificial intuitiva (ou computação intuitiva) e o grau de autonomia dos algoritmos é ilustrado na figura 2, na qual percebe-se novamente o reuso do termo generativo como o contexto de maior liberdade decisiva para o algoritmo.

¹⁹ No original: “technologies amplifying our cognitive abilities so we can imagine and design things that were simply out of our reach as plain old un-augmented humans”.

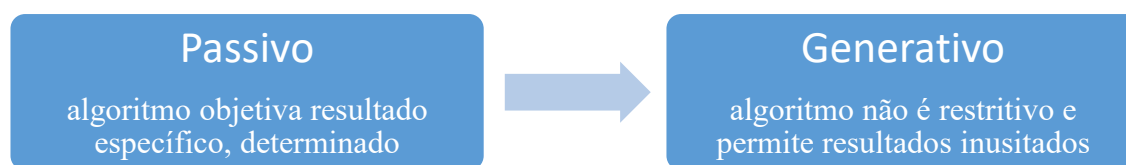


Figura 2 – Sentido proposto por Maurice Conti para a computação intuitiva

As demonstrações e prognósticos de Maurice Conti (confirmando o que Rondeleux, 1999, havia antecipado), indicando a reatualização dos procedimentos generativos envolvendo a sinergia humano-máquina, visam ao esclarecimento do que ele chamou de computação intuitiva. Todavia, esse procedimento colaborativo entre pessoas e IA é também denominado de metacriatividade. Especificamente na área da música, adota-se música metacriativa e metacriação musical (*musical metacreation*).

Notadamente, a partir da última década (vide gráfico 6), um grupo de criadores de sistemas musicais interativos e compositores ligados à área do videogame iniciou o movimento *Musical Metacreation* (MuMe). Desde então, o número de experimentações e consequentes publicações aumentou exponencialmente. Esses experimentos têm o objetivo de desenvolver programas computacionais criativos para a criação de música para videogames. Obviamente, a partir dessa ideia inicial, outros compositores passaram a também utilizar esses sistemas em outros contextos musicais mais convencionais, não restritos aos jogos digitais. Um dos promotores desse procedimento criativo interdisciplinar, o pesquisador Philippe Pasquier (com mais de 200 publicações na área de computação e artes) define a metacriação musical como:

[...] um subcampo da criatividade computacional que se concentra em dotar as máquinas da capacidade de realizar tarefas musicais criativas, tais como composição, interpretação, improvisação, acompanhamento, mixagem, etc. Ela cobre todas as dimensões da teoria e prática de sistemas computacionais generativos musicais, que vão desde abordagens puramente artísticas até abordagens puramente científicas, incluindo discursos relevantes para este tópico das humanidades.²⁰ (Pasquier, 2017, p. 1).

No âmbito das pesquisas direcionadas à interação entre humanos e computadores, o próprio conceito de criatividade teve que ser revisto (Agres; Forth; Wiggins, 2016; Carnovalini, 2019). Similarmente, os pesquisadores estabeleceram a distinção entre Inteligência Artificial e Criatividade Computacional, compreendendo esta como a busca por sistemas nos quais

²⁰ No original: “a subfield of computational creativity that focuses on endowing machines with the ability to achieve creative musical tasks, such as composition, interpretation, improvisation, accompaniment, mixing, etc. It covers all dimensions of the theory and practice of computational generative music systems, ranging from purely artistic approaches to purely scientific ones, inclusive of discourses relevant to this topic from the humanities.”

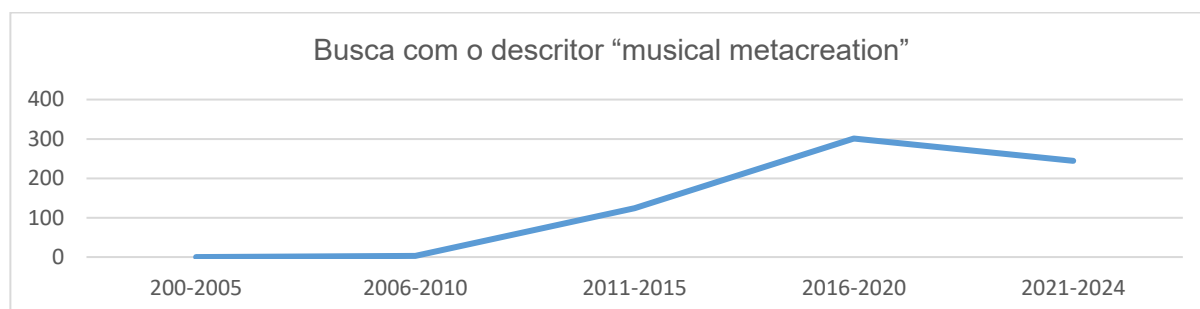
não existe um resultado melhor ou uma solução ideal para determinado problema ou tarefa a ser executada. No caso específico das artes, por exemplo, esse aspecto se verifica na tentativa de criar coreografias, poesias, pinturas e músicas. Estas “tarefas” não permitem ser reduzidas a um único resultado ótimo ou mais eficiente, pois envolvem preferências estéticas ao invés de resultados objetivos racionalizáveis (Pasquier, 2017).

Considerando as publicações na área da metacriação musical, ficam evidentes os pontos de convergência entre os autores: todos concordam que a metacriatividade musical é uma subárea da criatividade computacional (envolvendo, assim, *deep learning* e vidas artificiais) direcionada à composição musical (Tatar; Pasquier, 2019; Pasquier, 2017). Todos enfatizam tratar-se de um campo científico e interdisciplinar (Carnovalini, 2019). Todos apresentam definições similares para o movimento (Eigenfeldt, 2013; Pasquier, 2017; Bodily; Ventura, 2018). A maioria ressalta que a metacriação musical faz uso de procedimentos generativos (Agres; Forth; Wiggins, 2016). Todos enfatizam a participação ativa do computador no processo criativo (Eigenfeldt, 2013).

Ao lado dessas convergências, podemos também perceber grande proximidade entre a essência (ou fundamento) da metacriação musical com a computação intuitiva apresentada por Maurice Conti. A distinção a ser feita é que Conti considerava o campo da criatividade computacional como um todo, enquanto a MuMe é direcionada especificamente à composição musical.

Na busca realizada com o descritor “musical metacreation” obtivemos 678 resultados para todos os idiomas (302 na área do videogame). Destes, quatro são textos em português e todos a partir de 2015; porém, somente dois trabalhos poderiam ser considerados como pertencentes, de fato, à área da metacriatividade musical. Isso ocorre porque o Google Scholar inclui na busca as referências utilizadas pelos autores. Daí decorre que, mesmo que o autor de determinado texto não tenha discutido a metacriação musical, tampouco analisado obras criadas sob este procedimento, mas apenas citado algum trabalho da área, esse texto aparecerá nos resultados de busca. Esse aspecto também foi notado em alguns dos textos nos idiomas francês, italiano e espanhol. Os resultados para estes outros idiomas foram: sete publicações em francês (todas a partir de 2015), cinco em espanhol (todas a partir de 2020) e um em italiano (2020). Nota-se, evidentemente, que a maioria absoluta dos trabalhos publicados são em inglês e iniciando a partir de 2006. O perfil cardinal dos resultados obtidos com o descritor “musical metacreation” é ilustrado no Gráfico 6 separado por quinquênios. Vale ressaltar que a diminuição dos trabalhos entre 2021 e 2024 se deve ao fato de ainda estarmos no início do ano de 2024. Assim, o perfil deve continuar ascendente, ultrapassando o número de publicações do quinquênio anterior. Isso aponta para o aumento do interesse por pesquisas nessa área.

Gráfico 6 – Perfil quantitativo dos 678 resultados para a busca, em qualquer idioma, com o descritor “musical metacreation”



Nota: não há resultados para o período anterior ao ano 2006.

Considerações finais

A partir do levantamento bibliográfico realizado, é possível identificar um claro percurso desde o início da música computacional: a busca pela autonomia do computador no âmbito dos sistemas compositivos. Como toda música computacional é algorítmica (uma vez que o sistema operacional do computador e os programas instalados são codificados em algoritmos), mas nem toda música algorítmica vale-se do computador, programadores foram buscando formas mais precisas para denominar os procedimentos desenvolvidos e adotados na música algorítmica. Dessa maneira, guiados pela intenção de dotar a máquina com maior independência do agente externo e com liberdade para realizar tarefas oferecendo resultados menos restritivos, os artistas e programadores foram renovando e ou substituindo procedimentos que ora se aproximavam ora se afastavam.

Assim, a primeira fase da música algorítmica (décadas de 1950 a 1970) atingiu o objetivo de fazer o computador compor uma música. É interessante observar que a música, nesse contexto, pode ser considerada sob a perspectiva ontológica de um problema formal (Liu; Ting, 2016), permitindo, assim, a aplicação de abordagens para encontrar solução para esse problema, conduzindo à automatização e criação de músicas algorítmicas. Todavia, neste domínio, ainda era necessária muita participação do compositor (ou programador).

Ao atingir esse objetivo, o “problema” passou a ser o nível de dependência do computador. A música procedural conseguiu dar um passo adiante no sentido de dar mais liberdade aos resultados conseguidos com um algorítmico mais flexível. Neste sentido, os algoritmos procedurais eram instruídos não para atingirem um objetivo determinado, mas para criarem um produto (música ou pintura, por exemplo) baseados na descrição do comportamento de um modelo conceitual desejado. Desse modo, importava mais o processo em si do que os trabalhos realizados. Vencida essa etapa, a busca seguinte visou à independência total do computador, levando a uma nova fase com o uso dos algoritmos generativos.

A arte generativa pode, em certa medida, ser compreendida como uma derivação da gramática generativa proposta por Chomsky. Ambas compartilham pontos em comum, como a capacidade de partir de um conjunto finito de regras e gerar uma vasta gama de resultados diferentes. No entanto, divergem no sentido em que a gramática generativa centra foco na análise (decompõe as sentenças para encontrar as estruturas linguísticas basilares capazes de fornecer a gramática geradora do idioma), enquanto a arte generativa concentra-se na criação (Nadeo, 2014). Porém, ambas fizeram uso de conceitos biológicos ou evolutivos, uma vez que Chomsky advogava pela existência de um aparato cognitivo inato e genético viabilizador da linguagem. Os artistas que adotaram procedimentos generativos, por seu turno, fazem intensivo uso dos algoritmos evolutivos visando resultados nos quais as melhores soluções suplantem as soluções menos satisfatórias.

O reuso do termo generativo, sobretudo a partir do ano 2000, constituiu uma subárea da arte chamada de arte generativa, que visava maior autonomia ao computador no processo criativo. Essa função limitada do compositor satisfaz, também, uma demanda da indústria de jogos digitais, nos quais há a necessidade de se criar muitas obras para atender as inúmeras possibilidades interativas de um jogo. Os procedimentos de criação generativos solucionam vários problemas de criação musical no momento do jogo, são processados velozmente e ainda economizam espaço de armazenamento.

O próximo passo no percurso em direção à independência sistêmica foi justamente desenvolver maneiras de possibilitar ao computador gerar resultados que pudessem ser considerados criativos. O movimento de metacriação musical tem desenvolvido intensa pesquisa nessa área. Entretanto, parece que a busca por uma autonomia absoluta do computador em relação ao compositor deixou de ser prioritária. A tendência na área aponta para ações sinérgicas colaborativas entre humano e computador de modo a conseguir resultados imponderáveis para tarefas complexas que não permitem solução racionalizável. A parceria entre humanos e computadores levaria a um estágio ulterior no qual os computadores produziram soluções passíveis de serem consideradas de base intuitiva (não restritas aos parâmetros lógicos) e os humanos teriam seu aparato cognitivo ampliado.

A partir dessas considerações, poderíamos sugerir a seguinte diacronia, no contexto da música computacional, para os usos dos termos algoritmo, generativo, procedural e metacriativo:

* Algoritmo – uso anterior ao surgimento do computador. A partir de 1957, passa a referir-se ao procedimento no qual o computador realiza a tarefa de compor uma música, mas o objetivo é atingido com grande participação do agente humano. Não obstante, nota-se que algoritmo é ainda muito utilizado como um termo guarda-chuva nas pesquisas envolvendo música computacional. É possível mesmo observar que música algorítmica torna-se quase sinônimo da música criada e assistida pelo computador.

* Procedural – os algoritmos tornam-se menos restritivos quanto à tarefa a ser realizada. Assim, o foco passa a ser o processo e não somente o produto. O computador consegue gerar resultados musicais inusitados, com menor dependência do agente humano.

* Generativo – algoritmo visa a produção de eventos irrepetíveis com função limitada do compositor. Os algoritmos determinísticos e passivos cedem lugar aos algoritmos não restritivos. Os resultados já podem ser considerados como criativos.

* Metacriação musical – interação entre computador e o agente humano em que o computador gera resultados criativos (com base também na intuição) e o agente humano tem sua cognição ampliada.

Apesar do surgimento de novos procedimentos, vale mencionar que não há uma supressão ou eliminação de uma técnica por outra. Os novos procedimentos aperfeiçoam os anteriores e há a proposição de nova terminologia de modo a melhor defini-los. Entretanto, a aplicação de procedimentos anteriores não desaparece totalmente. O termo pode ficar em desuso por um período e reaparecer algum tempo depois com um sentido transformado. Por exemplo, em relação ao termo música algorítmica, dentre o grande número de pesquisas mencionadas no início deste artigo, poderíamos acrescentar o uso atual de algoritmos composicionais a partir de captura de emoções medidas por EEG (Kirke; Miranda, 2011). Algoritmos voltados ao ensino de composição para não músicos (Marchini, 2016). Algoritmos direcionados ao uso da música com fins terapêuticos (Raglio; Vico, 2017). O termo generativo caiu em desuso nas décadas de 1980 e 1990 para ser resgatado de maneira renovada no contexto da computação criativa a partir do ano 2000.

Por fim, é possível observar que as considerações aqui realizadas devem ser compreendidas no âmbito processual e não estanque. Nessa perspectiva, a guisa de ilustração, nota-se um movimento crescente desde o ano de 2011 que reusa o termo procedural, este movimento é denominado geração de conteúdo procedural ou PCG – *Procedural Content Generation* (Togelius, 2011). Trata-se de geração de conteúdo dentro de um jogo digital com uma contribuição limitada ou inexistente de assistência humana. As pesquisas em PCG inserem-se em um subcampo das pesquisas em inteligência artificial (Smith, 2015). Nota-se que o PCG concentra-se em um conjunto de normas, métodos e técnicas compiladas para auxiliar o desenvolvedor digital, inclusive de músicas individuais ou trilhas sonoras completas para um videogame (Oliveira, 2015; Shaker; Togelius; Nelson, 2016; Castro, 2017). A quase totalidade das pesquisas envolvendo PCG ocorre na área dos jogos digitais. Alba Amato (2017), esclarece que o PCG surge como uma solução eficiente para reduzir custos na produção industrial de jogos, pois os conteúdos procedurais criam narrativas, aumentam a quantidade de horas de gameplay e podem, inclusive, gerar jogos com duração infinita.

Em vista disto, percebe-se que as transformações, usos, desusos e reúsos das terminologias aqui consideradas devem ser compreendidas não como impasses, mas como processos conceituais dinâmicos.

Referências

- ALPERN, Adam. *Techniques for algorithmic composition of music*. 1995. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d701dd6cdc82ed544422c553dab59426f759d558>. Acesso em: 31 maio 2024.
- AL-RIFAIE, Asmaa Majid; AL-RIFAIE, Mohammad Majid. Generative music with stochastic diffusion search. In: Johnson, C.; Carballal, A.; Correia, J. (ed.). *Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design: 4th International Conference, EvoMUSART 2015, Proceedings*. Cham: Springer, 2015. p. 1-14.
- AMATO, Alba. Procedural content generation in the game industry. In: KORN, Oliver; LEE, Newton. *Game Dynamics: Best Practices in Procedural and Dynamic Game Content Generation*. Springer Editors, p. 15-25, 2017.
- ARIZA, Christopher. The interrogator as critic: The Turing test and the evaluation of generative music systems. *Computer Music Journal*, v. 33, n. 2, p. 48-70, 2009.
- BILES, John A. GenJam in Transition: from Genetic Jammer to Generative Jammer. In: GENERATIVE ART 2002. Milan: 5th International Conference GA 2002, 2002. p. 8.1-8.5. Disponível em: https://www.artscience-ebookshop.com/ebooks_free/GA2002_proceedings.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.
- BIRCHFIELD, David. Generative model for the creation of musical emotion, meaning, and form. In: 2003 ACM SIGMM WORKSHOP ON EXPERIENTIAL TELEPRESENCE. *Proceedings* [...]. 2003. p. 99-104.
- BODEN, Margaret A.; EDMONDS, Ernest A. What is generative art? *Digital Creativity*, v. 20, n. 1-2, p. 21-46, 2009.
- BODILY, Paul M.; VENTURA, Dan. Musical metacreation: past, present, and future. In: SIXTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON MUSICAL METACREATION. *Proceedings* [...]. 2018.
- BRITANNICA. "algorithm". *Encyclopedia Britannica*. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/algorithm>. Acesso em: 14 jan. 2024
- BROWN, Andrew R.; SORENSEN, Andrew. Interacting with Generative Music through Live Coding. *Contemporary Music Review*, v. 28, n. 1, p. 17-29, 2009.
- BROWN, Paul. *Is the Future of Music Generative?* Semantic Scholar, 2005. Disponível em: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:201043305>. Acesso em: 31 maio 2024.
- CARLSON, Kristin et al. Choreo: A Generative Feature in idanceForms for Creating Novel Keyframe Animation for Choreography. In: 7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL CREATIVITY. *Proceedings* [...]. 2016.
- CARNOVALINI, Filippo. Open challenges in musical metacreation. In: 5th EAI INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART OBJECTS AND TECHNOLOGIES FOR SOCIAL GOOD. *Proceedings* [...]. 2019. p. 124-125.
- CASTRO, Pedro M. R. Vieira de. *Geração de conteúdo procedimental para jogos com base em música*. 2017. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017. Versão em inglês: *Music-Based Procedural Content Generation for Games*.
- CHOMSKY, Noam. *Aspects of the Theory of Syntax*. 50. ed. MIT Press, 1965. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/j.ctt17kk81z>. Acesso em: 31 maio 2024.
- CHOMSKY, Noam. Three Models for the Description of Language. *IRE Transactions on Information Theory*, v. 2, n. 3, p. 113-124, 1956.

COLLINS, Karen. An Introduction to Procedural Music in Video Games. *Contemporary Music Review*, v. 28, n. 1, p. 5-15, 2009.

COLLINS, Nick; MCLEAN, Alex. Algorave: Live Performance of Algorithmic Electronic Dance Music. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEW INTERFACES FOR MUSICAL EXPRESSION. *Proceedings* [...]. 2014. p. 355-358.

COPE, David. *The Algorithmic Composer*. Madison: A-R Editions, 2000.

DORIN, Alan. Generative processes and the electronic arts. *Organised Sound*, v. 6, n. 1, p. 47-53, 2001.

EDWARDS, Michael. Algorithmic composition: computational thinking in music. *Communications of the ACM*, v. 54, n. 7, p. 58-67, 2011.

EIGENFELDT, Arne *et al.* Towards a Taxonomy of Musical Metacreation: Reflections on the First Musical Metacreation Weekend. In: AAAI CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERACTIVE DIGITAL ENTERTAINMENT. *Proceedings* [...]. [S. l.], v. 9, n. 5, p. 40-47, 2013 [2021]. DOI: 10.1609/aiide.v9i5.12647. Disponível em: <https://ojs.aaai.org/index.php/AIIDE/article/view/12647>. Acesso em: 15 maio 2025.

EIGENFELDT, Arne. Generative Music for Live Performance: Experiences with real-time notation. *Organised Sound*, v. 19, n. 3, p. 276-285, 2014.

GALANTER, Philip. *What Is Generative Art? Complexity Theory as a Context for Art Theory*. 2003. Disponível em: https://www.philipgalanter.com/downloads/ga2003_paper.pdf. Acesso em: 31 maio 2024.

HAMANAKA, Masatoshi; HIRATA, Keiji; TOJO, Satoshi. Implementing "A generative theory of tonal music". *Journal of New Music Research*, v. 35, n. 4, p. 249-277, 2006.

HANSEN, Niels. The Legacy of Lerdahl and Jackendoff's 'A Generative Theory of Tonal Music': Bridging a significant event in the history of music theory and recent developments in cognitive music research. *Danish Yearbook of Musicology*. v. 38, p. 33-55, 2010.

HEDEMANN, Callum; SORENSEN, Andrew; BROWN, Andrew R. Metascore: User interface design for generative film scoring. In: SOUND : SPACE: Proceedings of The Australasian Computer Music Conference 2008. Sydney: Australasian Computer Music Association, 2008. p. 25-30.

HIGGINBOTHAM, James. Noam Chomsky's linguistic theory. *Social Research*, v. 49, n. 1, p. 143-157, 1982.

JÄRVELÄINEN, Hanna. Algorithmic musical composition. In: TIK-111.080 SEMINAR ON CONTENT CREATION: Spring 2000 Art@Science. Helsinki: Helsinki University of Technology; Telecommunications software and multimedia laboratory, 2000.

KIRKE, Alexis; MIRANDA, Eduardo R. Combining eeg frontal asymmetry studies with affective algorithmic composition and expressive performance models. In: ICMC, 2011. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=37c1405913f2690f2c061e659e59c6f4ea364448>. Acesso em: 31 maio 2024.

LANGSTON, Peter. Six techniques for algorithmic music composition. In: INTERNATIONAL COMPUTER MUSIC CONFERENCE, 1989. *Proceedings* [...]. Columbus, Ohio: Citeseer, 1989, p. 59-119.

LERDAHL, Fred; JACKENDOFF, Ray. *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge: MIT Press, 1983.

LIU, Chien-Hung; TING, Chuan-Kang. Computational intelligence in music composition: A survey. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, v. 1, n. 1, p. 2-15, 2016.

LOMBARDO, Giuliano. Composizione algoritmica e creatività automatica. *Rivista di Psicologia dell'Arte*, Accademia di Belle Arti di Sassari, v. XXXI, n. 21, p.3-6, 2010.

LOWRY, T. J. Solution of a Problem in Surveying. *The Analyst*, v. 2, n.1, p. 18-20, 1875. JSTOR. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2635683>. Acesso em: 6 fev. 2024.

MANARIS, Bill; STEVENS, Blake; BROWN, Andrew R. JythonMusic: An environment for teaching algorithmic music composition, dynamic coding and musical performativity. *Journal of Music, Technology & Education*, v. 9, n. 1, p. 33-56, 2016.

MANNING, Peter. *Electronic and Computer Music*. Oxford, Clarendon Press, 1985.

MARCHINI, Matheus. *Ministrel: composição algorítmica para leigos em música*. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MENEGUETTE, Lucas. Aspectos cognitivos na teoria gerativa da música tonal. *TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, n. 5, 2011.

MENEZES, José Marcos Alves. *Composição algorítmica de fugas ao estilo de J. S. Bach*. 2008. Tese (Doutorado em Música) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

MOSCHOVAKIS, Yiannis N. What Is an Algorithm?. In: ENGQUIST, B.; SCHMID, W. (ed.) *Mathematics Unlimited – 2001 and Beyond*. Berlin: Springer, 2001.

NADDEO, Diogo Navarro Loureiro de Barros. *Arte Generativa: uma análise conceitual, processual e referencial*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arte Visuais) – Centro de Artes, Humanidades e Letras, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cachoeira, 2014.

NAKE, Frieder. The Pioneer of Generative Art: Georg Nees. *Leonardo*, v. 51, n. 3, p. 277–279, 2018.

O'ROURKE, Michelle. *The Ontology of Generative Music Listening*. PhD Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Arts and Cultures, Newcastle University, 2014. Disponível em: <https://theses.ncl.ac.uk/jspui/bitstream/10443/2764/1/O%27Rourke%2C%20M.%202015.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

OLIVEIRA, Nuno Filipe Bernardino. *Music-Based Procedural Content Generation for Games*. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

OLIVEIRA, Vitor Mendes de. O uso do conceito de algoritmo nas pesquisas brasileiras em música. *Anais do SIMPOM*, n. 6, p. 74-85, 2020.

PAPADOPOULOS, George; WIGGINS, Geraint. AI Methods for Algorithmic Composition: A Survey, a Critical View and Future Prospects. In: AISB'99 SYMPOSIUM ON MUSICAL CREATIVITY. *Proceedings* [...]. Brighton, UK: AISB (Society for the Study of Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour), 1999. p. 110-117.

PASQUIER, Philippe *et al.* An introduction to musical metacreation. *Computers in Entertainment (CIE)*, v. 14, n. 2, p. 1-14, 2017.

PLUT, Cale; PASQUIER, Philippe. Generative Music in Video Games: State of the Art, Challenges, and Prospects. *Entertainment Computing*, v. 33, p. 100337, 2020.

POTTS, Robert. *Elementary Algebra: With Brief Notices of Its History*. London: Longmans, 1879.

RAGLIO, Alfredo; VICO, Francisco. Music and technology: The curative algorithm. *Frontiers in psychology*, v. 8, p. 2055, 2017.

ROADS, Curtis. *The Computer Music Tutorial*. Boston: MIT Press, 1996.

RONDELEUX, Luc. Une histoire de l'informatique musicale entre macroforme et microcomposition. In: JIM 99, Journées d'Informatique Musicale. Paris, 1999. Disponível em: <https://hal.science/hal-01994123/document>. Acesso em: 31 maio 2024.

ROSEBUSH, J. The Proceduralist Manifesto. *Leonardo: Supplemental Issue, Computer Art in Context*, v. 2, p. 55-56, 1989.

SHAKER, Noor; TOGELIUS, Julian; NELSON, Mark J. *Procedural Content Generation in Games*. Switzerland: Springer Cham, 2016.

SILVA, Mathews J.; CORRÊA, Antenor Ferreira. A questão da não-linearidade no âmbito da composição para jogos digitais. *Música Theórica*, v. 8, n. 2, p. 122-145, 2023.

SMITH, Gillian. An Analog History of Procedural Content Generation. *In: 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE FOUNDATIONS OF DIGITAL GAMES (FDG 2015). Proceedings [...]*. Pacific Grove: 2015.

SNELL, John. Editorial Introduction. *Computer Music Journal*, MIT, v. 1, n. 1, 1977.

TATAR, Kivanç; PASQUIER, Philippe. Musical agents: A typology and state of the art towards musical metacreation. *Journal of New Music Research*, v. 48, n. 1, p. 56-105, 2019.

TOGELIUS, J.; KASTBJERG, E.; SCHEDL, D.; YANNAKAKIS, G. N. What is procedural content generation? Mario on the borderline. *In: 2nd INTERNATIONAL WORKSHOP ON PROCEDURAL CONTENT GENERATION IN GAMES. Proceedings [...]*. 2011. p. 1-6.

TUIS, Riccardo Tristano. *432 Hertz: la Rivoluzione Musicale: L'Accordatura Aurea per intonare la musica alla biologia*. Padova: Nexus Edizioni, 2010.

WOOLLER, R.; BROWN, A. R. *et al.* A framework for comparison of processes in algorithmic music systems. *In: EDMONDS, Ernest; BROWN, Paul; BURRASTON, Dave (ed.). Generative Arts Practice 2005: A Creativity & Cognition Symposium*. Sydney: Creativity and Cognition Studios Press, 2005. p. 109-124.

WORRALL, David. Procedural Composition: an overview. *In: SYNAESTHETICA '94 SYMPOSIUM. Proceedings [...]*. Camberra: 1994. Disponível em: <https://www.avatar.com.au/downloads/papers/Procedural%20Composition.pdf>. Acesso em: 31 maio 2024.

YANG, Li-Chia; LERCH, Alexander. On the evaluation of generative models in music. *Neural Computing and Applications*, v. 32, n. 9, p. 4773-4784, 2018.

ZATTRA, Laura. *Studiare la computer music: definizioni, analisi, fonti*. Padova: Libreria universitária, 2011.