

Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos

Mariano Pimentel

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

pimentel@uniriotec.br

Denise Filippo

Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)

prof.denise.filippo@gmail.com

Thiago Marcondes dos Santos

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

thiago.marcondes@uniriotec.br

Resumo. Na Educação, desenvolvemos artefatos: aulas, recursos didáticos e práticas educacionais. É possível inter-relacionar o desenvolvimento de um artefato com a produção de conhecimento teórico, sendo *Design Science Research* (DSR) a abordagem que apresentamos neste texto para a realização de pesquisas científicas atreladas ao desenvolvimento de artefatos. Nessa abordagem, objetiva-se projetar uma realidade diferente, modificada por artefatos projetados para resolver problemas em determinados contextos, sendo o conhecimento científico resultado da investigação do uso do artefato numa determinada situação. A DSR é uma abordagem ainda em discussão; neste artigo apresentamos como temos nos apropriado de DSR. Em particular, apresentamos o Modelo-DSR em que sintetizamos as principais lições aprendidas por nosso grupo. Para exemplificar o uso do Modelo-DSR, apresentamos a pesquisa sobre os Tapetes Musicais Inteligentes. Consideramos que o Modelo-DSR tem ajudado a tornar as pesquisas de nosso grupo mais rigorosas em termos teórico-epistemológico-metodológico e, assim, mais relevantes em termos científicos. Apresentamos esse modelo por considera-lo um instrumento útil para apoiar outros pesquisadores que desejam pensar-fazer DSR.

Palavras-chave: Pesquisa-Design, Design Science Research, Modelo, Processo de pesquisa

Design Science Research: scientific research linked to artifact design

Abstract. In Education, we develop artifacts: classes, didactic resources and educational practices. It is possible to interrelate the development of an artifact with the production of theoretical knowledge, and Design Science Research (DSR) is the approach we present on this article, used to do scientific research connected to the development of artifacts. Through this approach, the goal is to design a different reality, modified by artifacts designed to solve problems in given contexts, with the scientific knowledge being the result of the investigation of the use of the artifact in a given situation. DSR is an approach that is still under discussion; in this article, we show how our research group has been appropriating DSR. In particular, we present the DSR Model in which we synthesized the main lessons learned by our group. In order to exemplify the use of the DSR Model, we present the research on Smart Musical Mats. We consider that the DSR Model has been helping make our group's researches more rigorous in theoretical,

epistemological and methodological terms and, thus, more relevant in scientific terms. We present this model because we consider it to be a useful instrument to support other researchers that want to consider and use DSR.

Keywords: Design-Research, Design Science Research, Model, Research Process

1 Pesquisa científica sobre artefatos

Neste texto, discutimos a possibilidade de realizar pesquisas científicas envolvendo o desenvolvimento de artefatos. No contexto educacional, cotidianamente desenvolvemos artefatos: uma aula, um recurso didático, uma prática educacional.

Eventualmente, desejamos realizar uma pesquisa científica atrelada a artefatos que criamos. Contudo, métodos tradicionais de pesquisa como Experimento, *Survey* e Etnografia não dão conta de conceber e melhorar um artefato. Que abordagens e métodos podem nos apoiar a desenvolver e investigar o uso de artefatos que provocam intervenções num dado ambiente? Por exemplo, se você fosse realizar uma pesquisa científica envolvendo o projeto de um instrumento musical inédito que propicie novas formas de ensinar e aprender conceitos musicais no Ensino Fundamental, que método de pesquisa científica usaria?

Uma resposta para esse questionamento não é óbvia: em geral, nossas criações não costumam ser reconhecidas como objetos válidos para uma pesquisa científica. Desenvolver e investigar cientificamente o uso dos artefatos é diferente de investigar fenômenos naturais e sociais.

Reconhecendo que "o mundo que vivemos hoje é mais feito pelo homem, ou artificial, do que um mundo natural" (Simon, 1981, p.2), Hebert Simon, em seu livro *The Sciences of the Artificial*, publicado originalmente em 1969, propôs as Ciências do Artificial no mesmo patamar das Ciências Naturais e Ciências Sociais, um conjunto de ciências dedicadas à compreensão do artificial, do processo de projetar artefatos. Ciências como Engenharia, Computação e Educação, ao menos em parte, constituem as Ciências do Artificial, caracterizam-se como Ciência do Projeto, também contemporaneamente denominada Ciência do Design (*Design Science* - DS). Produzir conhecimento relacionado ao próprio processo de projetar artefatos é o objetivo central das ciências do artificial: enquanto "as ciências naturais ocupam-se de como as coisas são [...], ao projeto interessa o que as coisas devem ser, a concepção de artefatos que realizem objetivos" (Simon, 1981, p. 198). "Como ciência, a Design Science tem a ver com a criação sistemática de conhecimento sobre, e com, o artefato" (Baskerville, 2008, p.441).

Artefato, do latim *arte + factus*, significa feito com arte, com técnica. Pode ser definido como um artifício, algo construído artificialmente, de maneira intencional, tem uma utilidade específica, é o resultado de um projeto, é um produto "adaptado aos objetivos e propósitos do homem" (Simon, 1981, p.24). Um artefato é projetado para uma finalidade, como o giz, o quadro-negro, a mochila, o prédio da escola. Artefatos não se restringem a objetos físicos, podem também ser artifícios intelectuais intangíveis, como uma atividade educacional.

A produção de conhecimento sobre o desenvolvimento de artefatos é o objetivo das Ciências do Artificial, que apresentam diferenças com relação às Ciências Naturais e Ciências Sociais, conforme sintetizado na Quadro 1.

Quadro 1 – Comparações entre os diferentes (meta)paradigmas de pesquisa. Adaptado de Vaishnavi e Kuechler Jr (2015)

Crença Básica	Perspectivas de Pesquisa		
	Positivista (objetivo)	Interpretativo (subjutivo)	Design (projeto)
Ontologia	Uma única realidade. Conhecível, probabilística	Múltiplas realidades socialmente construídas	Múltiplas alternativas de estados do mundo contextualmente situadas, possibilitadas sociotecnicamente
Axiologia qual é o valor (ética)	Verdade: universal e bonita; predição	Compreensão: situada e descrição	Controle; criação; progresso (melhoria, aperfeiçoamento); compreensão
Epistemologia	Objetiva, imparcial. Observador separado da verdade (neutro)	Subjetiva, i.e., valores e conhecimento emergem da interação pesquisador-participante.	<i>Conhecimento pelo fazer.</i> construção objetivamente restrita dentro de um contexto. A circunscrição iterativa revela significados.
Abordagens/ Métodos de Pesquisa	Experimento; <i>Survey</i> Estudo de Caso	Etnografia	DSR; Pesquisa-Ação

As Ciências do Artificial (do Projeto, do Design) objetivam produzir conhecimento sobre como projetar o mundo que queremos. Não se busca uma verdade única como no paradigma Positivista, não se busca uma verdade universal (ainda que provisória), generalizável sob determinadas condições, replicável e previsível. Nas Ciências do Artificial, busca-se construir conhecimento para o desenvolvimento de artefatos que sejam satisfatórios para um determinado objetivo considerando um dado contexto. Satisfatória porque geralmente não há ou não é possível determinar uma solução ótima, sendo que há inúmeras soluções possíveis considerando as tecnologias disponíveis, o espaço-tempo, as pessoas que farão uso daquela solução, os aspectos culturais, dentre outros fatores.

2 Abordagens de Pesquisa-Design

Research through Design (RtD), *Design-based Research* (DBR) (ou Pesquisa Baseada em Design [PBD]), *Design Science Research* (DSR), *Pesquisa-design formação* (Rossini, 2015) são algumas das abordagens propostas para realizar pesquisas em Ciência do Design. Todas visam a produzir conhecimento sobre como projetar artefatos atrelando design e pesquisa científica.

Design, no entanto, não é uma palavra de fácil definição (McKay & Marshall, 2008; Patrocínio, 2013, p.16): é verbo e substantivo, podendo ser traduzido para o português como desenho, projeto, projetar, desenvolver – e, em função de seu sentido polissêmico, frequentemente nem a traduzimos. Patrocínio (2013, p.16) apresenta diversas definições de Design e cita um extenso trabalho realizado por Beltagui e colaboradores (2008) que,

a partir de 48 referências, categorizou as definições de Design em 6 grupos: como atividade de resolução de problemas; como aplicação prática de ciência, arte e criatividade; como processo para atingir demandas de marketing; como função estratégica na área de negócios; como configuração do futuro e como definição de configurações físicas.

Buchanan (2000, p.75) afirma que todas as definições mais recentes de Design são variações que enfatizam algum aspecto da ideia de que o Design “provê o pensamento que guia a realização de todos os produtos, seja por um artesão ou por técnicas de produção em massa”. Para esse autor, as diferentes definições podem dar ênfase, por exemplo, ao aspecto da aparência visual do produto, ao componente comunicacional do Design, ou ao curso de ações na busca por transformar uma situação existente numa situação preferível (esse é o sentido de Design assumido por Herbert Simon). Buchanan (2000, p.75) também afirma que os estudos em Design são “a reflexão sobre a concepção e planejamento do artificial na busca por explicitar diferentes premissas que guiam o design e por examinar suas consequências no passado, presente e futuro”.

Pesquisa e design, por sua vez, são conjugados para diferentes objetivos e nem sempre a pesquisa que se realiza em/com design é o tipo de pesquisa científica que estamos nos referindo neste texto. Findeli (2004), a partir de Frayling (1993), explicita três possíveis relações entre pesquisa e design:

- **Pesquisa para o Design** (*Research for Design, Recherche pour le Design*): é a pesquisa relacionada a materiais e técnicas para guiar os designers em sua prática profissional ao longo do desenvolvimento de um projeto específico. Não é o tipo de pesquisa voltado para o conhecimento científico; ao contrário, muitas vezes seus resultados são considerados secretos pelos centros de P&D de empresas.
- **Pesquisa sobre o Design** (*Research into Design, Recherche sur le Design*): é a pesquisa sobre os objetos e fenômenos do mundo do Design, sendo usados pontos de vista, ferramentas metodológicas e quadros teóricos de uma disciplina científica particular como Ergonomia, Semiótica, Sociologia e Psicologia Cognitiva.
- **Pesquisa por meio do Design** (*Research through Design, Recherche par le Design* ou *recherche-project*): é a investigação feita por meio e ao longo do desenvolvimento de um projeto, a que possibilita produzir novos conhecimentos científicos. Findeli argumenta que é um tipo de pesquisa ativa, situada e engajada em um projeto de design. O projeto equivale ao laboratório das Ciências Naturais e ao campo das Ciências Sociais.

Entre esses três tipos de possíveis relação entre Pesquisa-Design, é a *Research through Design* (RtD) que se volta à produção de conhecimento científico por meio do desenvolvimento e uso de artefatos. *Research through Design* aproveita os insights únicos advindos da prática do Design para a produção de conhecimento científico (Godin e Zahedi, 2014).

É através deles [dos projetos], através de sua originalidade, através de sua fertilidade, através de sua atualidade, através de sua relevância, enfim, através de seu escopo antropológico e científico, que o design pode se estabelecer como uma

disciplina acadêmica de pleno direito. [...] Entre os muitos fenômenos possíveis do mundo, aqueles que interessam sobretudo ao design são aqueles que constituem o mundo artificial, o mundo construído pelo homem; é o mundo como um projeto, e não o mundo como objeto das ciências descritivas que lhe são familiares. Além disso, é a parte do mundo, humana e não humana, que o design busca construir em suas diversas práticas profissionais. (FINDELI, 2004, p.11, tradução nossa).

A ideia de realizar pesquisa científica por meio da prática do Design vem sendo desenvolvida por diferentes grupos que adotam diferentes vertentes e nomenclaturas. Godin e Zahedi (2014) relatam que os pesquisadores buscam fazer distinções entre as diferentes vertentes e que não há consenso nem mesmo entre grupos de pesquisa que adotam uma mesma nomenclatura, ocorrendo, inclusive, ausência de citação cruzada entre alguns deles. No entanto, a partir de uma revisão bibliográfica de Pesquisa-Design (em suas diferentes nomenclaturas), os autores observam que não há nenhuma contradição vital entre os pesquisadores e que as diferentes vertentes compartilham os mesmos pontos de vista e considerações básicas sobre conhecimento e prática, a saber, estabelecer aspectos de pesquisa realizada por meio de um processo de design/projetual e seu produto resultante. Ramos e colaboradoras (2010) também identificam que pesquisas designadas por diferentes termos possuem uma matriz conceitual comum e possuem pequenas variações de enfoque. Essas autoras, a fim de se referir a esta variedade de nomenclaturas, adotam o termo Pesquisa Baseada em Design, que também é utilizado por vários outros autores na área de Informática na Educação.

3 Design Science Research (DSR)

Nosso grupo de pesquisa tem adotado *Design Science Research* como abordagem epistemológico-metodológica para pensar-fazer¹ pesquisa interdisciplinar envolvendo Educação e Computação com enfoque no desenvolvimento de artefatos. Essa abordagem vem se popularizando muito na área de Sistemas de Informação, área de pesquisa dos autores deste texto.

DSR é uma abordagem que tem duplo objetivo: (1) desenvolver um artefato para resolver um problema prático num contexto específico e (2) gerar novos conhecimentos técnicos e científicos. O conhecimento técnico necessário para a construção de um artefato é diferente do conhecimento científico. Não que o conhecimento técnico seja menos ou mais importante que o conhecimento científico, mas precisamos reconhecer que são conhecimentos distintos, ainda que frequentemente confundidos:

Os termos ciência e tecnologia quase sempre andam tão juntos que muitas pessoas têm dificuldade em distingui-los. Porém, a ciência é a busca do conhecimento e das explicações. A ciência constrói teorias para explicar os fatos observados. [...] Ao contrário da ciência, a tecnologia não tem por vocação explicar o mundo. Ela é prática e existe para transformar o mundo, não para teorizar sobre ele. (Wazlawick, 2014).

¹ Como recorrentemente praticado nas Pesquisas com Cotidianos (Alves, 2001), esses termos foram aqui grafados juntos para indicar a não-separação entre o fazer e o pensar, uma licença ortográfica para desconstruir as dicotomias que organizaram o pensamento das ciências na Modernidade.

Ciência, do latim *scientia*, pode ser traduzido para conhecimento. Ter ciência do mundo é ser capaz de explicá-lo, o que é operacionalizado por meio de teorias, seja numa Ciência Natural ou Ciência Social, seja na perspectiva epistemológica positivista ou interpretativa. Teoria é a base e a finalidade de toda pesquisa científica (Filippo et al., 2011).

Tecnologia tem origem etimológica no grego, cujo radical *tekhnō* significa técnica, arte, artesanato, ofício; e o radical *-logia* significa estudo. Refere-se ao estudo das técnicas, processos, métodos, meios e instrumentos de uma atividade humana. O conhecimento técnico (ou tecnológico), necessário para o desenvolvimento de artefatos, é conhecimento sobre a arte de fazer.

A Figura 1, elaborada por Hevner e Chatterjee (2010, p.11), ilustra o que compreendemos ser o fundamento de DSR: o desenvolvimento de um artefato (tecnologia) deve se apoiar em teorias sobre o comportamento humano (ciência), e o uso de artefatos viabiliza uma pesquisa científica sobre o comportamento humano.

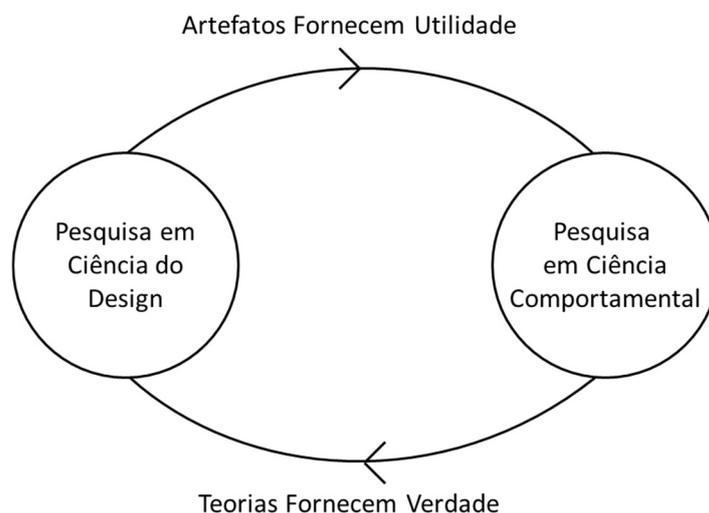


Figura 1. Separação-e-Relação entre Artefato e Teoria. Figura baseada em (Hevner & Chatterjee, 2010, p.11)

Como representado na Figura 1, compreendemos que, em uma pesquisa-design, é preciso estabelecer a relação entre conhecimento técnico e o conhecimento científico, entre tecnologia e ciência, entre artefato e teoria.

4 Design Science Research Model (Modelo-DSR)

Há diferentes propostas para se conduzir pesquisas em DSR. As abordagens, em geral, objetivam alcançar o duplo objetivo: desenvolver um artefato e desenvolver conhecimento técnico-científico. Para o desenvolvimento do artefato, Hevner (2007) propõe o "Ciclo de Design", o que equivale ao "Ciclo de Design e Engenharia" proposto por Wieringa (2014). Com relação à produção de conhecimento técnico-científico, Hevner (2007) propõe o "Ciclo de Conhecimento" enquanto Wieringa (2014) propõe o "Ciclo Empírico". Outros autores propõem métodos específicos para conduzir uma pesquisa em DSR, como "Design Science Research Methodology" (DSRM) proposto por

Peffers e colaboradores (2007). Dresch e colaboradores (2015) apresentam uma comparação entre os principais métodos de pesquisa em DSR.

Após algumas tentativas de nos apropriarmos de diferentes abordagens de DSR para a realização de pesquisas, nosso grupo acabou desenvolvendo o que denominamos de "Modelo-DSR" (*Design Science Research Model*). Esse modelo é uma síntese de diferentes abordagens, ao mesmo tempo é uma expressão de nossa forma peculiar de pensar-fazer as pesquisas em DSR. O modelo consiste em um conjunto de elementos que precisam estar coerentemente interrelacionados em DSR. Os principais elementos do Modelo-DSR estão representados na Figura 2.

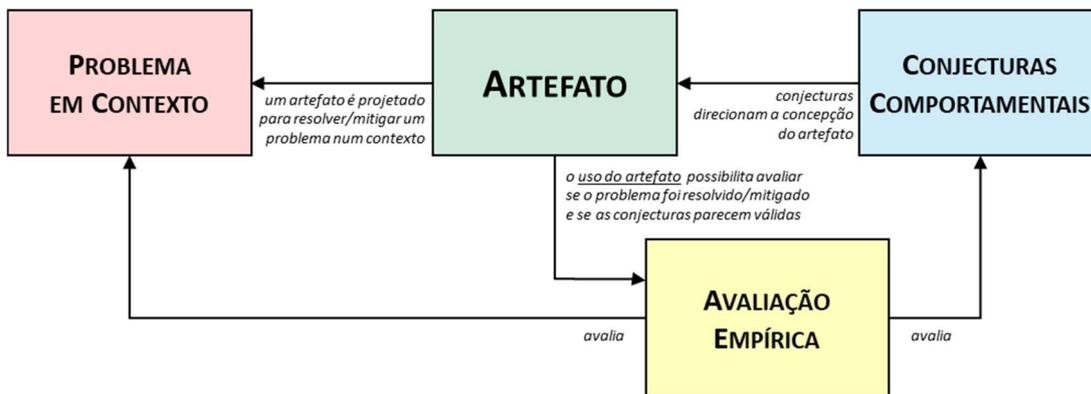


Figura 2. Elementos centrais do Modelo-DSR

Neste modelo, indicamos que o projeto de um **artefato** deve estar fundamentado em **conjecturas comportamentais**. Conjecturas comportamentais são suposições sobre como as pessoas aprendem, trabalham, pensam, se relacionam, se comunicam etc. Com base nessas conjecturas, o artefato é projetado para resolver um **problema em contexto**. O uso do artefato, por meio de uma **avaliação empírica**, possibilita avaliar se o problema foi resolvido e se parecem válidas as conjecturas que fundamentaram o desenvolvimento do artefato. Dessa forma, por meio do projeto de um artefato e da investigação sobre o seu uso, são produzidos conhecimentos técnicos (sobre a arte-de-fazer) e científicos (sobre o comportamento humano).

Por se tratar de uma pesquisa científica, é preciso revisar a literatura para fundamentar cada um dos elementos centrais do Modelo-DSR, conforme apresentado na Figura 3.

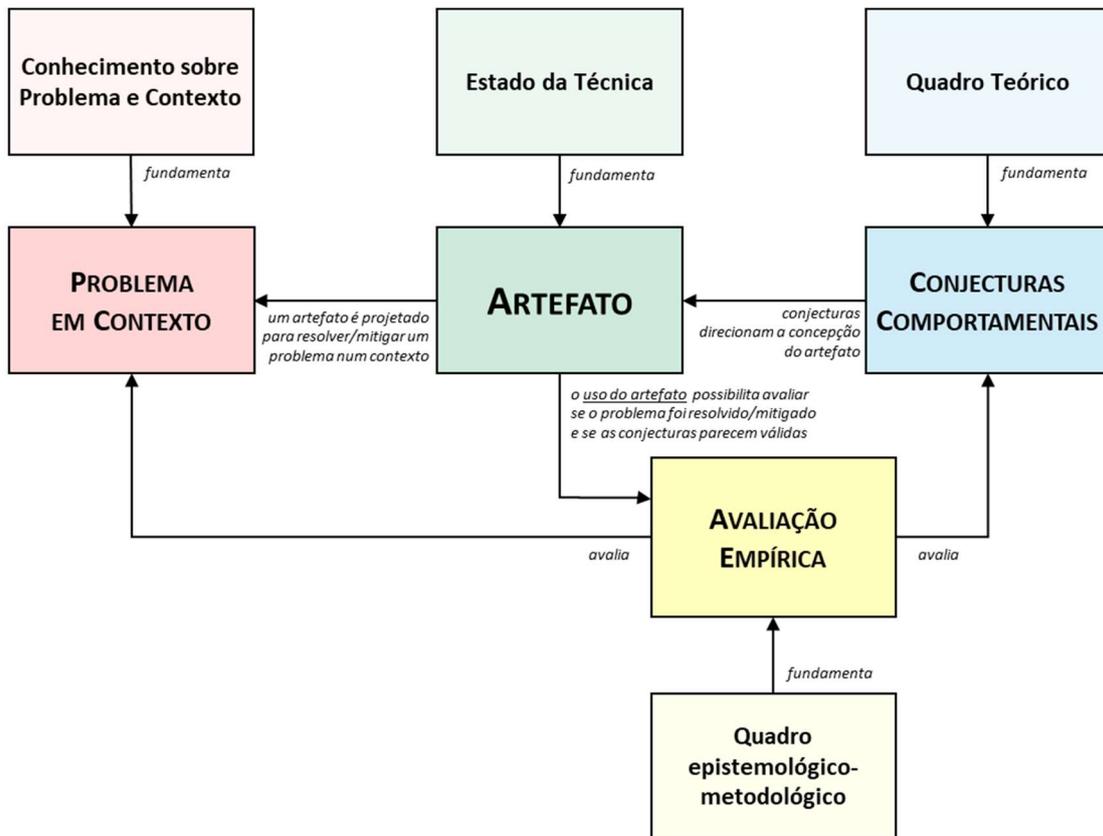


Figura 3. Revisão de literatura para fundamentar os elementos centrais do Modelo-DSR

É preciso ter **conhecimento sobre o problema e o contexto**, compreender adequadamente o problema, especialmente suas causas e consequências, para se pensar em possíveis soluções. Esse conhecimento pode ser obtido de uma revisão de literatura, de estudos empíricos anteriores, de estudos exploratórios ou de especialistas no domínio. O projeto de um artefato para resolver o problema deve ser direcionado por conjecturas comportamentais que, por sua vez, devem estar fundamentadas em teorias, que constituem o **quadro teórico** da pesquisa. Isso é o que possibilita estabelecer uma relação entre conhecimento teórico e conhecimento técnico – sem essa fundamentação, a pesquisa pode ficar parecendo apenas um desenvolvimento técnico (não necessariamente científico). Ademais, para se projetar um artefato com relevância científica, não se pode “reinventar a roda”, é preciso fazer um levantamento do **estado da técnica**: identificar soluções correlacionadas e realizar uma “pesquisa para o design” que inclua um levantamento de técnicas que contribuem para pensar e projetar a solução. A avaliação empírica precisa ser projetada levando em consideração procedimentos que garantam rigor científico, que inclua técnicas para levantamento/produção de dados e de análise/interpretação de dados, tudo alinhado à perspectiva epistemológica, o que exige a elaboração de um **quadro epistemológico-metodológico** para a pesquisa.

Relacionados aos elementos principais do Modelo-DSR, há outros elementos, apresentado na Figura 4, que detalham o que o pesquisador deve se atentar na pesquisa.

informações sobre a pesquisa, conforme exemplificamos na Seção 6. Esse *template* tem sido útil para apoiar nosso grupo a pensar-fazer pesquisas na perspectiva de DSR, e já foi empregado com sucesso na orientação de pesquisas em dissertações e teses (Menzini, 2020; Barroso Jr, 2020; Frajhof, 2020; Estruc, 2020).

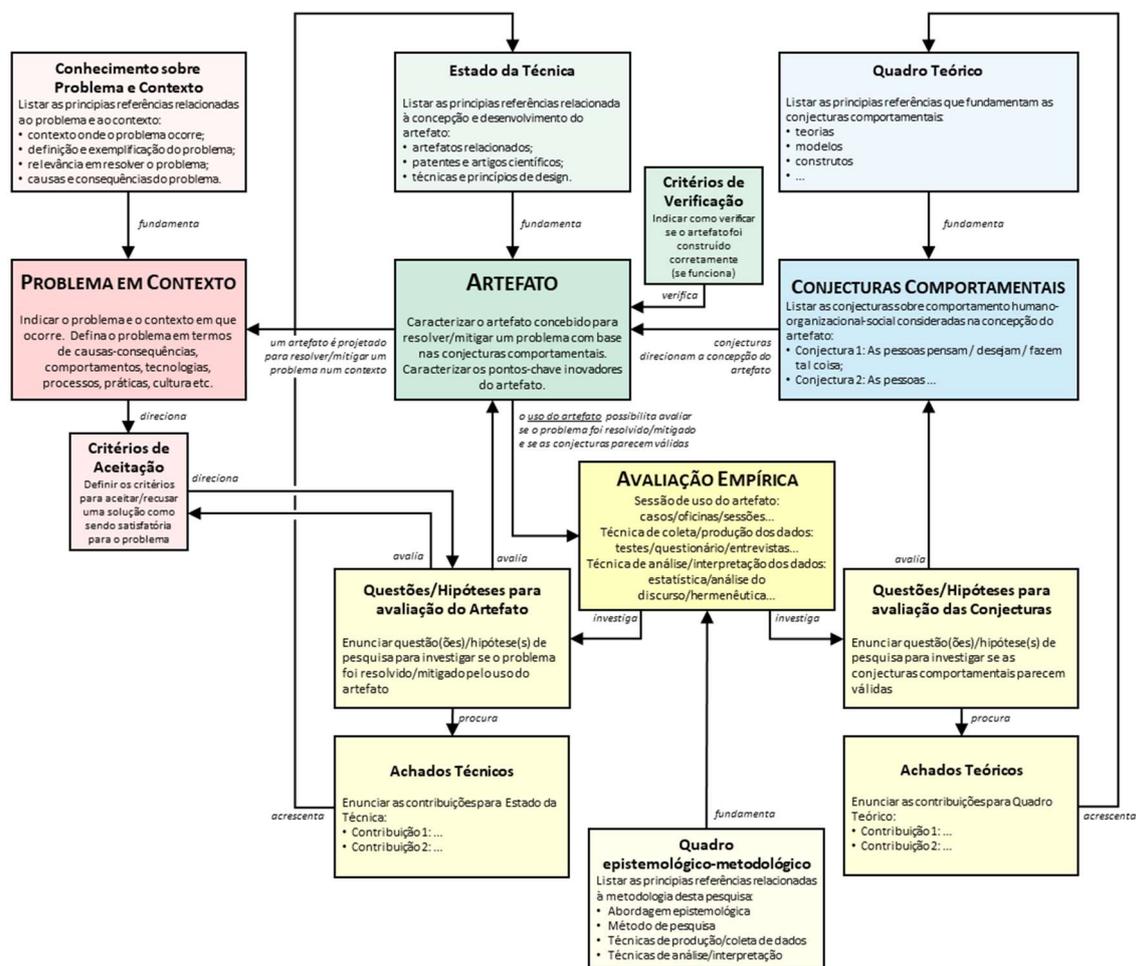


Figura 5. Modelo-DSR

O Modelo-DSR é uma evolução do modelo apresentado anteriormente por Pimentel e colaboradores (2020), sendo o resultado de nossas sucessivas tentativas em representar o que precisa ser pensado-feito-apresentado em DSR. Esse modelo não é uma invenção desvinculada do que já se pensa-faz em DSR, pois foi baseado na literatura da área, mas representa a forma peculiar de como nosso grupo se apropriou de DSR. Não é um método de pesquisa, mas a instanciação desse modelo serve como guia para o pesquisador refletir sobre os principais elementos de sua pesquisa e se estão coerentemente relacionados. Na próxima seção, discutimos melhor a diferenciação desse modelo com alguns métodos de pesquisa-design.

5 Métodos de Pesquisa-Design e o Modelo-DSR

A prática do Design requer o pensamento criativo para a elaboração de possíveis soluções para um problema em busca de uma solução que seja satisfatória. Esse tipo de pensamento é caracterizado pelo método abdutivo:

O **método abdutivo** consiste em estudar fatos e propor uma teoria para explicá-los. Logo, a abdução é um processo de criar hipóteses explicativas para determinado fenômeno/situação. Posteriormente, no momento de colocar as hipóteses à prova, outros métodos científicos podem ser utilizados. A abdução é considerada um processo, acima de tudo, criativo, por isso é o mais indicado para compreender uma situação ou problema, justamente em função do processo criativo intrínseco a esse tipo de raciocínio. Ademais, é o único método científico que permite a introdução de uma nova ideia (Fischer; Gregor, 2011). Peirce (1975) ressalta ainda que o raciocínio abdutivo é característico de descobertas científicas revolucionárias. (Dresch et al., 2015, p. 62-63)

O método abdutivo, característico do pensamento projetual de designers, diferencia-se dos métodos indutivo, dedutivo, hipotético-dedutivo e dialético que estamos mais familiarizados por serem empregados na produção de conhecimento em outras ciências. Nesse método não se busca a verdade (ainda que provisória), mas sim a melhor explicação, a mais satisfatória, a mais relevante e útil. Por isso se diz que a Ciência do Design está baseada no Pragmatismo, corrente filosófica em que o sentido de uma noção está relacionado a suas consequências práticas, não separando a teoria da prática, as explicações de suas utilidades.

O processo de design tem se popularizado por meio do Design Thinking, que explicita métodos e abordagens que os designers utilizam, pois inspiração não é suficiente (Patrocínio, 2015). Design Thinking tornou-se mundialmente conhecido por meio de Tim Brown e de sua consultoria IDEO: é “uma abordagem centrada no ser humano, voltada para inovação e que utiliza as ferramentas de designers para integrar as necessidades das pessoas, as possibilidades da tecnologia e os requisitos para o sucesso de negócios” (Brown, 2018).

O processo do Design Thinking possui diferentes vertentes. Nesser (2016) considera que a implementação de um projeto alterna momentos de divergência e convergência de ideias, envolvendo as etapas de pesquisa, síntese, ideação e implementação. Vianna e colaboradores (2012) propõem as etapas de imersão; análise e síntese; ideação; e prototipação. Frequentemente Design Thinking é caracterizado como a sequência de etapas ilustrada na Figura 6 – empatizar, definir, idealizar, prototipar e testar –, com a qual estabelecemos comparações com o Modelo-DSR.

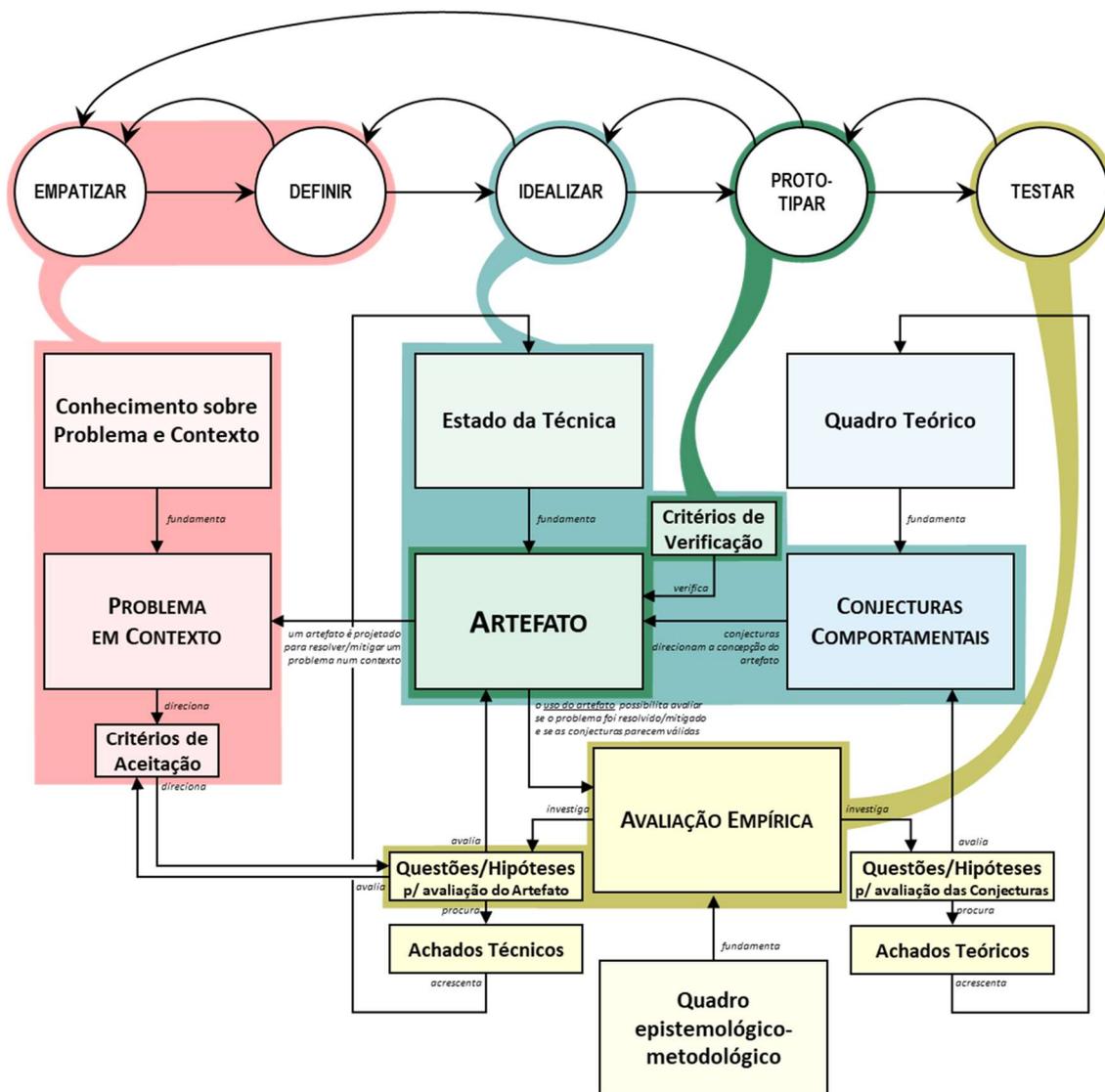


Figura 6 – Mapeamento entre o processo de Design Thinking e os elementos do Modelo-DSR

Enquanto no Modelo-DSR explicitamos o quê deve ser feito numa pesquisa (quais são os elementos da pesquisa que devem ser pensados-feitos pelo pesquisador), o processo Design Thinking explicita a ordem em que as coisas devem ser feitas. Essa é a diferença entre modelo e processo: o primeiro diz o que é, o segundo diz quando fazer.

Consideramos haver compatibilidade entre o processo de Design Thinking e o Modelo-DSR, conforme as relações que estabelecemos na Figura 6. Empatizar e Definir, em Design Thinking, equivale a explicitar um Problema em Contexto no Modelo-DSR, incluindo a produção de Conhecimento sobre o Problema e Contexto. Já a Ideação equivale a projetar um Artefato no Modelo-DSR, o que precisa ser feito com base em Conjecturas Comportamentais e em toda a revisão da literatura técnica e teórica subjacente. Prototipar, em Design Thinking, equivale a implementar o Artefato no Modelo-DSR, enquanto Testar equivale a realizar uma Avaliação Empírica.

Embora não haja incompatibilidade entre as abordagens, reconhecemos que elas enfatizam aspectos diferentes. No Modelo-DSR, há ênfase na revisão de literatura, o que

é típico de uma pesquisa científica. A avaliação empírica é algo muito elaborado numa pesquisa científica porque é exigido rigor para que se possa ter mais confiança nos resultados obtidos, assim, há vários elementos relacionados à Avaliação Empírica no Modelo-DSR. Já em Design Thinking, o que se quer é Testar a solução proposta para avaliar a sua utilidade, não havendo necessidade de uma avaliação rigorosa porque não se objetiva contribuir necessariamente com o avanço do conhecimento teórico-científico. Já existem métodos específicos para se fazer DSR, sendo "Design Science Research Methodology" (Peppers et al., 2007) um dos mais citados². Na Figura 7 estabelecemos relações entre as etapas do DSR-Methodology e os elementos do Modelo-DSR.

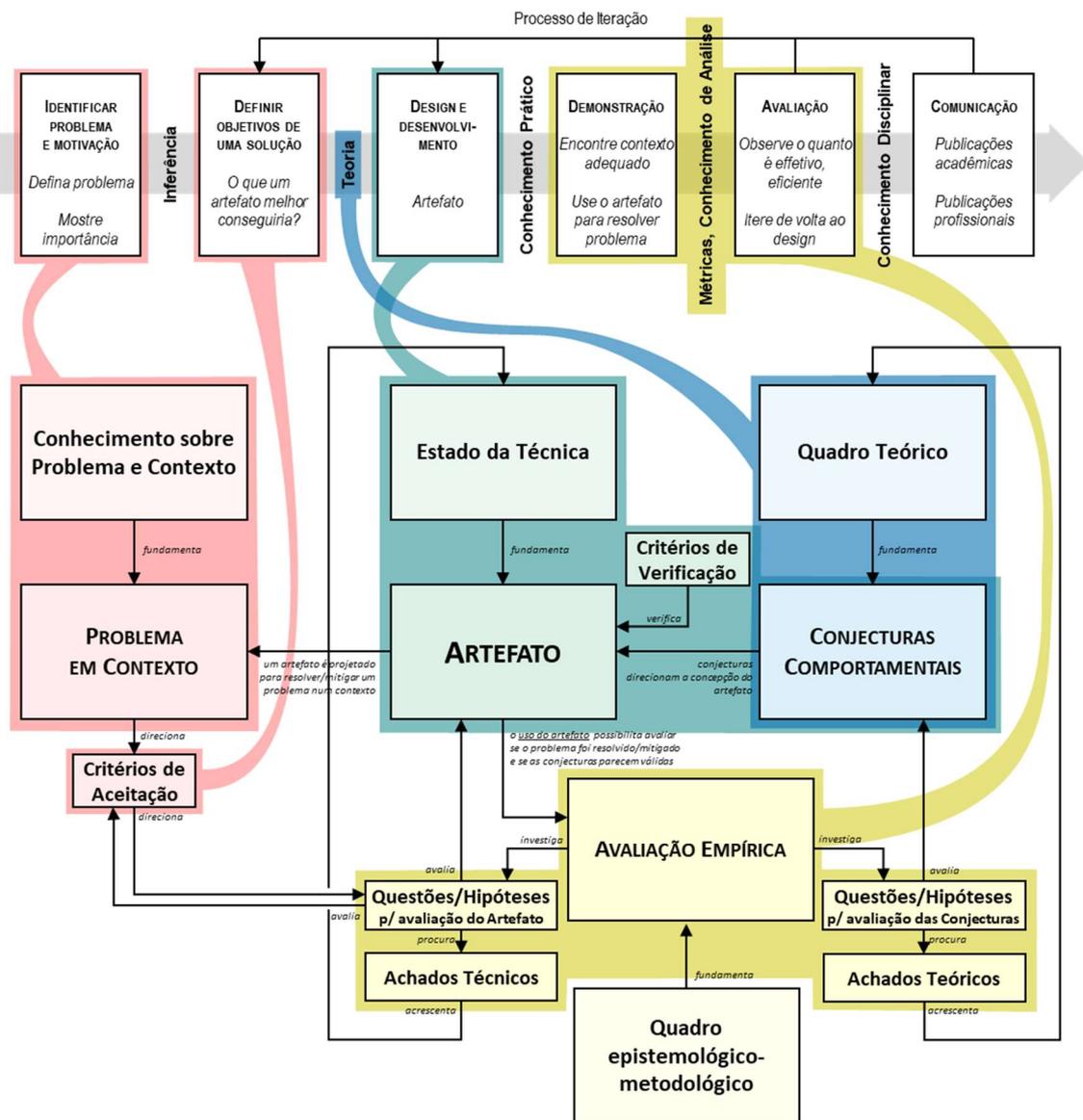


Figura 7 – Mapeamento entre DSR-Methodology e Modelo-DSR

² 5.387 citações registradas no Google Acadêmico em 20/03/2020: <<https://scholar.google.com.br/scholar?q=%22Design+Science+Research+Methodology>>

Consideramos haver compatibilidade entre Modelo-DSR e DSR-Methodology, mas destacamos algumas diferenças. Em DSR-Methodology, espera-se que o pesquisador use as teorias para projetar o artefato, mas não é dedicada uma etapa específica para isso; em nosso grupo de pesquisa, consideramos a fundamentação teórica do artefato como sendo uma parte importante de DSR, por isso, no Modelo-DSR, o pesquisador precisa explicitar as Conjecturas Comportamentais que influenciaram o design do artefato e fundamenta-las em teorias científicas construindo um Quadro Teórico para a pesquisa. A ênfase nos aspectos teóricos-comportamentais, no Modelo-DSR, também aparece na Avaliação Empírica, sendo demandado do pesquisador a Avaliação das Conjecturas e a busca por Achados Teóricos. Entendemos que DSR oportuniza o pesquisador a produzir conhecimento teórico-científico por meio da concepção-e-uso do artefato, dado que um artefato operacionaliza conjecturas comportamentais que, por sua vez, podem ser avaliadas a partir do uso do artefato; por isso no Modelo-DSR há tantos elementos relacionados às teorias comportamentais: para que o pesquisador seja capaz de teorizar sobre o desenvolvimento do artefato e também contribuir para o avanço do conhecimento teórico-científico.

Cabe destacar que, na etapa Avaliação de DSR-Methodology, espera-se que o pesquisador utilize métricas e busque caracterizar a eficiência do artefato, o que implica na realização de pesquisa quantitativa, o que é típico da perspectiva positivista. Contudo, nosso grupo realiza pesquisas qualitativas e, portanto, essa etapa não é compatível com nossas práticas de pesquisa. No Modelo-DSR, tivemos o cuidado de definir elementos compatíveis com ambos os paradigmas epistemológicos de pesquisa.

Diferentemente de Design Thinking e de DSR-Methodology, o Modelo-DSR não se caracteriza como um método. No Modelo-DSR explicitamos o que deve ser feito, e não a ordem nem os detalhes de como fazer cada coisa. Cabe ao pesquisador tomar decisões – por exemplo, para realizar a Avaliação Empírica, o pesquisador precisará decidir entre realizar um Estudo de Caso (Yin, 2015; Antonio et al., 2019), uma Oficina (Ferreira et al., 2020), ou um Experimento em laboratório (Wainer, 2011; Aranha & Reis, 2020). Para projetar o artefato, o pesquisador pode seguir os passos propostos em Design Thinking ou seguir outra abordagem. O que enfatizamos, com o Modelo-DSR, é que a pesquisa com desenvolvimento de artefatos deve: (i) realizar revisões de literatura para diferentes propósitos: compreender e caracterizar o problema, as técnicas, as teorias e a epistemologia-metodologia da pesquisa; (ii) desenvolver conhecimento técnico e também conhecimento teórico-científico; (iii) realizar uma avaliação empírica com rigor, o que pode ser feito tanto na perspectiva positivista quanto interpretativa.

6 Exemplo de pesquisa em DSR: Tapetes Musicais Inteligentes

Na Figura 8 apresentamos uma instância do Modelo-DSR com as informações sobre uma pesquisa envolvendo o desenvolvimento de artefatos projetados para o contexto da educação musical. Com esse exemplo, ilustramos como os elementos do Modelo-DSR são importantes para pensar-apresentar uma pesquisa DSR.

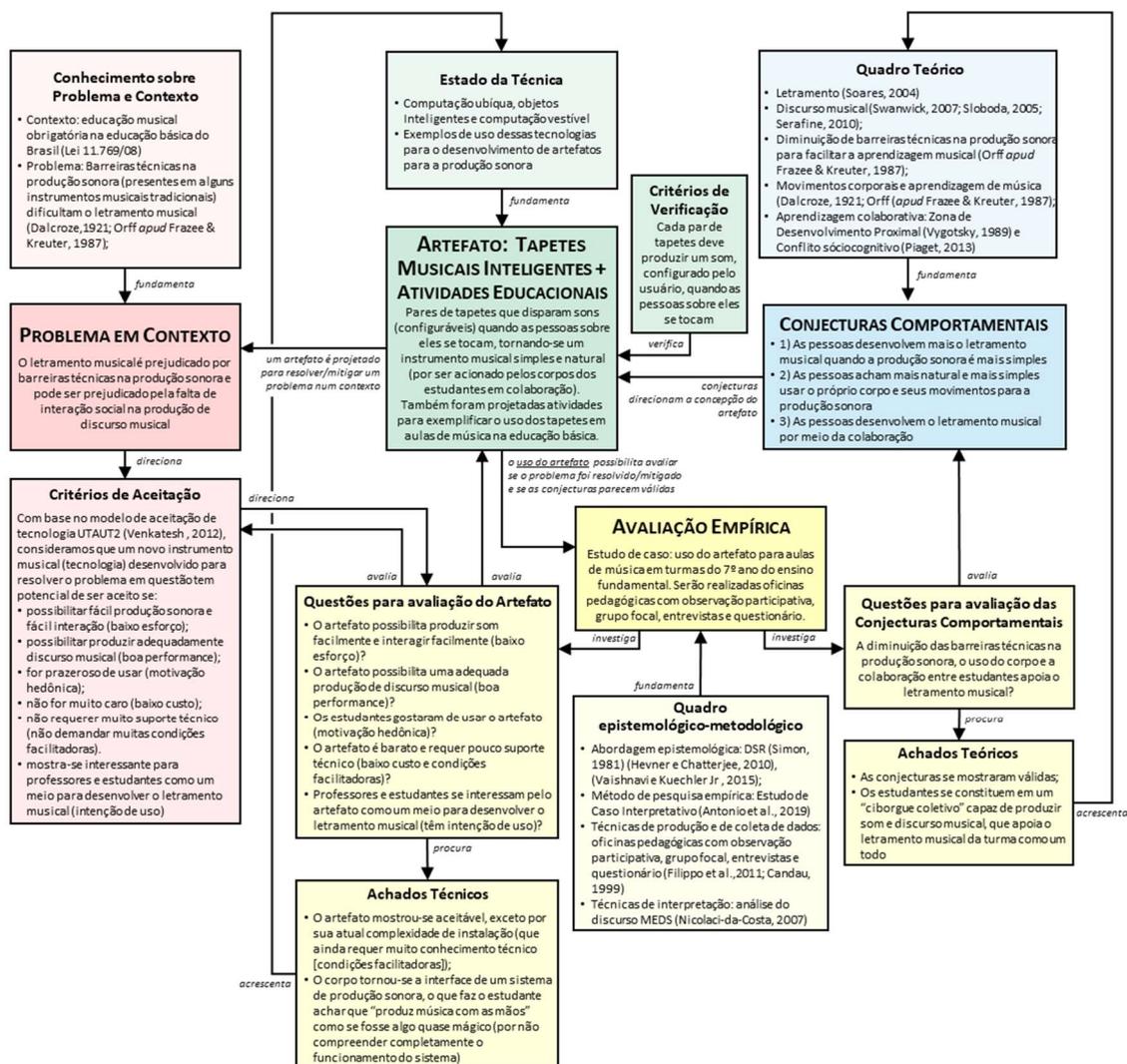


Figura 8 – Exemplo de instância do Modelo-DSR

A pesquisa em questão (Santos et al., 2015) foi aprovada pelo Comitê de Ética da UNIRIO³. As crianças que participaram da pesquisa assinaram termo de assentimento e os responsáveis assinaram o Termo de consentimento livre e esclarecido. Também foram assinadas as permissões de uso de imagem.

O problema e seu contexto

A lei 11.769/08 (Federal, 2008) estabeleceu a volta do ensino obrigatório de música nas escolas brasileiras. Nesse contexto, o problema investigado nesta pesquisa é a dificuldade para os estudantes produzirem um som por meio de instrumentos musicais tradicionais (como violão, piano e flauta) que exigem, em alguns casos, habilidades físicas complexas (como técnicas de embocadura para se tocar uma flauta, ou agilidade e precisão no posicionamento dos dedos em relação às cordas de um violão que precisa estar conjugado com o movimento da outra mão que dedilha as cordas). Muitas vezes, para se dominar as habilidades técnicas para se tocar um instrumento musical, os alunos

³³ Número do Parecer: 893.135. Data da Relatoria: 26/11/2014

realizam exercícios mecânicos e repetitivos que não necessariamente desenvolvem a capacidade de expressão do discurso musical. Compreendemos que o ensino de música vai além do domínio das técnicas para se produzir som em um instrumento musical; consideramos que o ensino de música deve promover o letramento musical, principalmente nos estudantes dos anos iniciais de formação.

Ressaltamos, também, que os exercícios mecânicos-repetitivos necessários para a produção sonora em um instrumento tradicional são frequentemente realizados de modo individual, o que frequentemente leva ao isolamento do aluno. Compreendemos, contudo, que a colaboração do aluno com o professor e com os colegas da turma é importante para desenvolver a capacidade do aluno em elaborar discurso musical, o que é fundamental para o seu letramento em música.

Quadro teórico

Concordamos com Swanwick (2007) que música é um tipo de discurso. Outros autores como Sloboda (1987) e Serafine (1988) também chamam a atenção para a natureza discursiva da música e para suas semelhanças com a linguagem.

A noção de letramento e alfabetização, nesta pesquisa, foi fundamentada em Soares (2004): letramento é um processo que visa a tornar o sujeito cada vez mais capaz de se expressar naquela linguagem e compreender bem o discurso elaborado pelos outros; é um processo evolutivo de comparação e aquisição de mais capacidade. Essa "mais capacidade" também é caracterizada pela teoria espiral de desenvolvimento musical de Swanwick e Tillman (1986) e pelas fases na pedagogia Orff (Frazee & Kreuter, 1987). Outros autores como Dalcroze (1921) também chamam nossa atenção para práticas musicais que, ao se concentrarem em repetições mecânicas de habilidades técnicas instrumentais, acabam por criar desinteresse e afastar os aprendizes de um resultado musical de maior valor expressivo. Assim, uma grande ênfase ao aspecto técnico do instrumento passa a interferir no resultado do discurso musical.

Conjecturas comportamentais

Pressupomos que música é discurso produzido a partir de uma linguagem constituída por elementos como ritmo e melodia que, por sua vez, se baseia num alfabeto de notas musicais que se realizam por meio de sons. A partir dessas premissas, elaboramos conjecturas comportamentais relacionadas à educação musical.

A primeira conjectura feita nesta pesquisa é: as pessoas desenvolvem mais o letramento musical quando a produção sonora é mais simples. Quando é muito complexo emitir um som, a pessoa precisa investir muito tempo e esforço na produção sonora, o que equivale a investir muito tempo para desenvolver as habilidades necessárias para desenhar as letras de um alfabeto. Quando a produção sonora é mais simples, a pessoa pode focar sua atenção na linguagem e no discurso musical, o que equivale a focar os esforços na produção de textos, o que é mais adequado para promover avanços no letramento.

Uma segunda conjectura: as pessoas acham mais natural e mais simples usar o próprio corpo e seus movimentos para a produção sonora. Autores como Orff (Frazee & Kreuter,

1987) e Dalcroze (1921) chamam a atenção para o uso do corpo nos processos de aprendizagem; defendem que, ao colocar o corpo de forma ativa em atividades educacionais, aumentamos a qualidade da aprendizagem uma vez que nosso intelecto se integra ao instrumento, corpo, que experimenta os fenômenos da vida. Dessa forma, atividades de aprendizagem que privilegiam tanto os aspectos intelectuais e corporais têm um maior impacto na percepção e na aprendizagem dos indivíduos.

A terceira conjectura: as pessoas desenvolvem o letramento musical por meio da colaboração. Concordamos com Vygotsky (1989) que a aprendizagem é fundada na interação e na construção social de sentidos. Os indivíduos de uma coletividade, ao se relacionarem e observarem suas interações com os outros, refinam suas hipóteses acerca dos fenômenos estudados. O conceito de zona de desenvolvimento proximal (ZDP) é chave para a compreensão da aprendizagem colaborativa. Dessa forma, conjecturamos que a colaboração também é importante para a aprendizagem relacionada ao desenvolvimento do letramento musical.

Artefatos

Projetamos artefatos com base nas conjecturas que fizemos sobre o comportamento humano com relação ao letramento musical. Um primeiro artefato, a camisa-piano (Santos, 2012) ilustrada na Figura 9, foi projetado para emitir notas musicais quando o usuário toca com a luva as placas metálicas costuradas na camisa.



Frente: Um som é emitido pelo *speaker* localizado na gola quando a placa metálica na luva encosta numa placa metálica na camisa.



Costas da camisa: O som que deve ser emitido ao fechar o contato em cada placa é controlado por um LilyPad-Arduino.



Thiago vestindo a Camisa-Piano e produzindo uma música



Demonstração do uso da Camisa-Piano durante uma apresentação da pesquisa

Figura 9 – Camisa-piano (SANTOS, 2012)

A camisa-piano satisfaz as duas primeiras conjecturas desta pesquisa, mas não possibilita a produção sonora de forma colaborativa e seu uso acaba sendo individual, não promovendo a colaboração que desejávamos para as aulas de música. Seu projeto foi importante para investigarmos a produção computacional de sons tocando o próprio corpo (interfaceado pela camisa), mas desistimos desse projeto e buscamos outras soluções que pudessem promover a colaboração (3ª conjectura).

Foram pesquisadas diferentes tecnologias de computação vestível, computação ubíqua e objetos inteligentes, sendo essas as tecnologias que caracterizam o **Estado da Técnica** desta pesquisa. Ao conhecermos o vídeo demonstrativo do Makey Makey⁴ que apresenta a possibilidade de disparar sons por meio de interfaces não-convencionais como o corpo humano, tivemos a ideia para projetar os Tapetes Musicais Inteligentes (Santos, 2015) – Figura 10. Esse artefato é composto por um conjunto de tapetes de borracha nos quais foram colocadas folhas de papel alumínio que possibilitam a conexão com o corpo de quem sobe no tapete. Cada par de tapete é conectado à placa Makey Makey, sendo que um circuito é fechado quando os estudantes sobem sobre o par de tapetes se tocam, o que possibilita disparar um som previamente configurado pelo professor – essa é a condição para verificar se o artefato está funcionando a contento (**Critério de Verificação**).

⁴ <https://youtu.be/rfQqh7iCcOU>



Tapetes Musicais Inteligentes instalados no chão da sala de aula: pisos conectados a um computador



Estudantes sobre os tapetes



Um som é produzindo quando os estudantes se tocam



É preciso tirar os sapatos para o corpo estabelecer contato com o papel-alumínio

Figura 10 – Tapetes Musicais Inteligentes (Santos, 2015)

Esse artefato, que se caracteriza num novo instrumento musical, foi projetado para produzir um som quando as pessoas se tocam, o que requer a colaboração entre dois estudantes para a produção sonora. Esse artefato também foi concebido para ser usado por vários estudantes ao mesmo tempo (vários pares de tapetes, cada par disparando um determinado som configurado pelo professor), o que também promove a colaboração na produção de discurso musical. Dessa forma, esse artefato atende às três conjecturas elaboradas para resolver o problema considerado nesta pesquisa.

Também projetamos atividades educacionais com o uso dos Tapetes Musicais Inteligentes. Tais atividades foram elaboradas visando o desenvolvimento do letramento no discurso musical, levando em consideração os Parâmetros Curriculares Nacionais do MEC (PCN, 1997; 1998). Também foram projetadas para apoiar a investigação sobre o uso do artefato.

– **Atividade Rítmica** (pulso, ritmo e divisões do pulso). O objetivo dessa atividade é trabalhar a noção de pulso e suas divisões. Os estudantes, tocando uns nos outros, seguem os ritmos que servem de base para acompanhar a canção trabalhada pelo professor. Três linhas rítmicas de diferentes sons da bateria são apresentadas à turma. Num segundo momento da atividade, é adicionada uma linha melódica presente na canção. Os alunos tocam a bateria pelos Tapetes Musicais Inteligentes acompanhando a melodia.

– **Atividade melódica** (melodia e padrões cíclicos [ostinatos]). Esta atividade trabalha conceitos melódicos do discurso musical. O artefato é configurado para emitir uma nota

de maneira a apresentar a sonoridade da escala maior e possibilitar a exploração de combinações desta tonalidade pelos estudantes.

– **Atividade harmônica** (notas e sua sonoridade simultânea [acordes] ou separada no tempo [arpejos]). Nesta atividade, um par de tapetes contém o som de um conjunto de notas tocadas simultaneamente, enquanto os demais pares contêm notas separadas. Os estudantes podem executar o arpejo do acorde como uma melodia (uma nota de cada vez) e depois executar o par de tapetes que contém todas as notas tocadas simultaneamente (acorde).

– **Orquestra** (diferentes instrumentos coordenados na composição de discurso musical). Sons de diferentes instrumentos são distribuídos entre os pares de tapetes de maneira a possibilitar que todos os elementos rítmicos, melódicos e harmônicos trabalhados nas atividades anteriores sejam combinados nesta atividade. Um grupo fica com os sons da bateria, outro grupo com sons do baixo e outro grupo com sons de acordes de um piano. A turma é dividida pela metade: um grupo canta enquanto o outro acompanha com os sons dos instrumentos; depois revezam.

Critérios de aceitação

Será que o artefato realmente resolve o problema? Critérios devem ser estabelecidos para avaliar se é aceitável o artefato projetado nesta pesquisa (ou qualquer outro desenvolvido para tentar resolver/mitigar o mesmo problema). Definimos critérios de aceitação levando em consideração os fatores do modelo de aceitação de tecnologia UTAUT2 (Venkatesh et al., 2012). Nesta pesquisa, consideramos que um artefato seria aceitável se: possibilitar fácil produção sonora e fácil interação (baixo esforço); possibilitar produzir adequadamente discurso musical (boa performance); ser prazeroso de usar (motivação hedônica); ter baixo custo; não requerer muito suporte técnico (condições facilitadoras); e, principalmente, mostrar-se interessante para professores e estudantes como um meio para desenvolver o letramento musical (intenção de uso).

Avaliação empírica

Para avaliar a aceitação do artefato, bem como a adequação das conjecturas teóricas, é preciso realizar uma pesquisa empírica fazendo uso do artefato. Optamos por realizar um Estudo de Caso Interpretativo (Antonio et al., 2019; Yin, 2015). O estudo foi realizado em turmas do 7º ano de duas escolas da rede municipal de ensino da cidade do Rio de Janeiro. Numa das escolas, situada num bairro nobre da cidade, a turma tinha 35 estudantes; na outra, situada num bairro pobre da cidade, a turma tinha 45 estudantes. Em cada turma foram realizadas oficinas pedagógicas (Candau et al., 1999) para a realização das atividades educacionais projetadas para o uso dos Tapetes Musicais Inteligentes. A sessões das oficinas foram gravadas. Além da observação, foram realizadas entrevistas com os alunos e professores, foi realizado um grupo focal ao final de cada sessão e foram aplicados questionários para obter determinados dados de forma sistemática. Os discursos produzidos nesse estudo foram interpretados conforme as diretrizes do Método de Explicitação do Discurso Subjacente (Nicolaci-da-Costa, 2007).

Esse estudo foi realizado para responder as **Questões de Pesquisa** relacionadas tanto à aceitação do artefato quanto à adequação das conjecturas teóricas.

Achados da pesquisa

A partir dos dados produzidos no estudo empírico, consideramos que o artefato se mostrou aceitável, embora não seja possível dar uma resposta inequívoca do tipo “sim” ou “não” para esta questão de pesquisa. Alunos, professores e pesquisadores consideraram que o artefato é fácil de usar (baixo esforço), possibilita a produção adequada de discurso musical (boa performance) e é prazeroso de usar (motivação hedônica). Os alunos demonstraram vontade de usá-lo em outras aulas (intenção de uso) e assim concluímos que o artefato tem potencial para ser aceito pelos alunos. Em contrapartida, os professores das escolas mostram-se hesitantes em adotá-lo por sua instalação demandar muito tempo e conhecimento técnico (condições facilitadoras) – reconhecemos que o artefato é apenas um protótipo, e não um produto acabado que possa ser comprado nas prateleiras de alguma loja acompanhado de manual e suporte técnico. Adicionalmente, apesar do custo do protótipo ser relativamente baixo em comparação a muitos instrumentos musicais tradicionais (baixo custo), não temos certeza se este custo será baixo ou alto se vier a ser produzido em larga escala. Por esses aspectos, não é possível ainda afirmar se esse artefato teria aceitação por parte dos professores e da escola se viesse a se tornar um produto comercial (depende de fatores que não puderam ser investigados nesta pesquisa).

Os resultados obtidos no estudo também corroboram com a validade das conjecturas teóricas, ao menos dentro do escopo da pesquisa. De inesperado, identificamos que o corpo do estudante usando o tapete se torna a interface de um sistema de produção sonora, o que faz muitos estudantes acharem que são capazes de “produzir música com as mãos” como se fosse algo mágico (por não compreenderem completamente o funcionamento do sistema). Os estudantes, integrados ao sistema computacional, tornam-se uma espécie de ciborgue-coletivo com a capacidade de produzir som e discurso musical, o que tem potencial para desenvolver o letramento musical da turma como um todo.

7 Conclusão

Design Science Research é uma abordagem em que se objetiva projetar uma realidade diferente, modificada por artefatos projetados para resolver problemas em determinados contextos. Outras abordagens de pesquisa, como Experimento, *Survey*, Estudo de Caso ou Etnografia não pressupõem o desenvolvimento de um artefato, e quando um pesquisador utiliza uma dessas outras abordagens para investigar algum artefato desenvolvido no contexto de sua pesquisa, o artefato em si fica injustificável ou desconexo da pesquisa. A exceção é a Pesquisa-Ação, uma abordagem em que a pesquisa é realizada a partir de uma ação para resolver um problema real que ocorre num ambiente específico particular (Filippo et al., 2020), sendo que essa ação pode envolver o desenvolvimento de artefatos. A principal diferença entre a *Design Science Research* e a Pesquisa-Ação é que a primeira enfoca o desenvolvimento do artefato, enquanto a segunda enfoca a resolução do problema num dado contexto (Lima et al.,

2014). Portanto, se em sua pesquisa você deseja focar o desenvolvimento de um artefato, a abordagem epistemológico-metodológica DSR pode lhe ser útil.

DSR é uma abordagem ainda em discussão, tendo sido desenvolvida principalmente nos últimos 50 anos com a contribuição de diversos autores. Em nosso grupo de pesquisa, temos nos apropriado de DSR de um modo particular, o que nos levou a desenvolver o Modelo-DSR (Figura 5) em que sintetizamos as principais lições que aprendemos: é preciso diferenciar o desenvolvimento tecnológico do conhecimento teórico-científico, mas ambos devem estar conjugados na pesquisa DSR; para garantir essa interrelação, é preciso fundamentar o desenvolvimento do artefato em conjecturas comportamentais fundamentadas em teorias; a literatura precisa ser revisada para diferentes propósitos (quadro teórico, estado da técnica, conhecimento sobre problema e contexto, e quadro epistemológico-metodológico); é preciso realizar uma avaliação empírica para investigar se o artefato resolve o problema para o qual foi projetado e, ao mesmo tempo, se as conjecturas teóricas parecem válidas; deve-se buscar achados técnicos e teóricos para avançar o conhecimento técnico-científico.

Para exemplificar o uso do Modelo-DSR que nosso grupo tem feito, neste texto apresentamos a pesquisa sobre os Tapetes Musicais Inteligentes. Assim com nesse exemplo, consideramos que o Modelo-DSR tem ajudado a tornar as pesquisas de nosso grupo mais rigorosas em termos teórico-epistemológico-metodológico e, dessa forma, mais relevantes em termos científicos.

Referências

- Alves, N. (2001). Decifrando o pergaminho: o cotidiano das escolas nas lógicas das redes cotidianas. *Pesquisa no/do cotidiano das escolas: sobre redes de saberes*. Rio de Janeiro: DP&A, 13-38.
- Antonio, N., Fornazin, M., Araujo, R.M., & Santos, Rodrigo. (2019). *Metodologia de Pesquisa - Estudo de Caso Interpretativo em Sistemas de Informação*. 10.5753/sbc.480.9.03.
- Aranha, E., Reis, T. (2020) Delineamentos Experimentais em Informática na Educação. *Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa*, SBC. Disponível em: <<https://metodologia.ceie-br.org/livro-2>>.
- Barroso Jr, J. S. (2020). *Transparência de Informações Prosopográficas: modelo de dimensões para apoio às necessidades informacionais do cidadão sobre os políticos*. Dissertação de Mestrado, UNIRIO.
- Baskerville, R. (2008). What design science is not. *European Journal of Information Systems*, 17, 441-443.
- Beltagui, A., Riedel, J., Livesey, F., Demian, P., & Moultrie, J. (2008). What is design? A review of definitions. Disponível em: <<http://www.designscoreboard.org.uk/output.htm>>
- Brown, T. (2018). *Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. Alta Books Editora.
- Buchanan, R. (2000). Myth and Maturity: Toward a New Order in the Decade of Design. *The Idea of Design*, MIT Press, 75-85.

- Candau, V. M., Zenaide, M. D. N. T., & Melo, J. A. P. M. (1999). *Oficinas aprendendo e ensinando direitos humanos*. João Pessoa: Programa Nacional de Direitos Humanos.
- Dalcroze, E. J. (1921). *Rhythm, music and education*. GP Putnam's Sons.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Júnior, J. A. V. A. (2015). *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Bookman Editora.
- Estruc, M. A. (2020). *Relacionamentos entre features de bate-papo e conceitos da didática*. Tese de Doutorado, UNIRIO.
- Federal, L. (2008). Lei 11.796/2008, de 18 de agosto de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, (159), 1.
- Ferreira, H. M. C., Couto Jr, D. R., Oswald, M. L. M. B. (2020) As oficinas como lócus de encontro com o outro: uma abordagem histórico-cultural. *Metodologia de pesquisa científica em Informática na Educação: abordagem qualitativa*, SBC. Disponível em: <<https://metodologia.ceie-br.org/livro-3>>.
- Filippo, D., Roque, G. & Pedrosa, S. (2020). Pesquisa-ação: possibilidades para a Informática Educativa. *Metodologia de pesquisa científica em Informática na Educação: Abordagem Qualitativa*. Disponível online: <<https://metodologia.ceie-br.org/livro-3>>. Acessado em 22 fev 2020.
- Filippo, D., Pimentel, M., Wainer, J. Metodologia científica para a Pesquisa em Sistemas Colaborativos.(2011).,V Sistemas Colaborativos, cap. 23 ISBN 978-85-352-4669-8- Disponível em https://www.dropbox.com/sh/ftcq79y2aqq16u4/_sFxQwE8iO
- Findeli, A. (2004). La recherche-projet: une méthode pour la recherche en design. In *Texte de la communication présentée au premier Symposium de recherche sur le design à HGK de Bâle sous les auspices du Swiss Design Network*, Bâle.
- Fischer, C.; Gregor, S. (2011) Forms of reasoning in the design science research process. In: Jain, H.; Sinha, A. P.; Vitharana, P. (Ed.). *Service-oriented perspectives in design science research - 6th international conference*. Milwaukee: Springer, p. 17-31.
- Frajhof, L. (2020). *Propedêutica com visualização 3D: tecnologias para suporte à tomada de decisão*. Tese de Doutorado, PUC-Rio.
- Frayling, C. (1993). Research in Art and Design. *Royal College of Art Research Papers*, I, 1, 1-5.
- Frazer, J., & Kreuter, K. (1987). *Discovering Orff: A curriculum for music teachers*. Schott & Company Limited.
- Godin, D., & Zahedi, M. (2014). Aspects of research through design. *Proceedings of DRS 2014: Design's Big Debates*, 1, 1667-1680.
- Hevner, A., & Chatterjee, S. (2010). *Design research in information systems: theory and practice* (Vol. 22). Springer. DOI, 10, 978-1.
- Hevner, A. R. (2007). A three cycle view of design science research. *Scandinavian journal of information systems*, 19(2), 4.
- Lima, S. D. O., Oliveira, F. D., Fialho, K. E. R., Deusdara, D. F. M., & Barros Neto, J. D. P. (2014). Design Science: Perspectivas Paradigmáticas e Comparações com Estudo

- de Caso e Pesquisa-Ação. *VII Encontro de Estudos Organizacionais da ANPAD*. Gramado-RS: ANPAD.
- McKay, J., & Marshall, P. (2008). Foundation of design science in information systems. Sparks Working Paper: *RISO (Research into Information Systems in Organisations)*.
- Menzini, F. V. (2020). *Lê uma mensagem de cada vez, com garantia da posição do turno: uma abordagem para tentar evitar a sobrecarga de mensagens em sistemas de bate-papo*. Dissertação de Mestrado, UNIRIO.
- Nessler, D. (2016). How to apply a design thinking, HCD, UX or any creative process from scratch. *Medium.com [online]. US:© A Medium Corporation US*.
- Nicolaci-da-Costa, A. M. (2007). O campo da pesquisa qualitativa e o Método de Explicitação do Discurso Subjacente (MEDS). *Psicologia: reflexão e crítica*, 20(1), 65-73.
- Patrocínio, G. H. T. (2015). Prefácio. In: Melo, A. & Abelheira, R. *Design Thinking & Thinking Design: Metodologia, Ferramentas e uma Reflexão sobre o Tema*. São Paulo, SP: Novatec Editora Ltda. Disponível em <https://www.politicasdedesign.com/2015/11/pensando-o-design-thinking.html>
- Patrocínio, G. H. T. (2013). *The impact of European Design Policies and their implications on the development of a framework to support future Brazilian Design Policies* (Doctoral dissertation, Cranfield University).
- PCNs, P. C. N. (1998). Arte: Ensino de quinta a oitava série. Brasília. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília.
- PCNs, P. C. N. (1997). Arte: Ensino de primeira a quarta série. Brasília. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília.
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, 24(3), 45-77.
- Peirce, C. S. (1975) *Semiótica e filosofia*. 2. ed. São Paulo: Cultrix.
- Pimentel, M., Filippo, D. (2020). Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. *Metodologia de pesquisa científica em Informática na Educação: concepção de pesquisa*, SBC. Disponível em: <<https://metodologia.ceiebr.org/livro-1>>.
- Ramos, P., Gianella, T. R., & Struchiner, M. (2010). A pesquisa baseada em design em artigos científicos sobre o uso de ambientes de aprendizagem mediados pelas tecnologias da informação e da comunicação no ensino de ciências. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 3(1), 77-102.
- Rossini, 2015, p.99; Rossini, T. S. S. (2015). *Pesquisa-design formação: uma proposta metodológica para produção de Recursos Educacionais Abertos na cibercultura*. Tese de Doutorado, UERJ.
- Santos, T. (2015) *Computação Ubíqua para apoiar a Educação Musical: Explorações com Tapetes Musicais Inteligentes*. Dissertação de Mestrado, UNIRIO.

- Santos, T. (2012) *Novas interfaces tecnológicas: discutindo os usos didáticos de uma roupa computacional para aulas de música*. Trabalho de Conclusão do Curso, UNIRIO.
- Serafine, M. L. (1988). *Music as Cognition: The Development of Thought in Sound*. Columbia University Press.
- Simon, H. (1981). *As Ciências do Artificial*, 2ª edição, Arménio Amado.
- Sloboda, John A. (1987) In Wilson, Frank & Roerman, Franz L. *Music and child development*. St. Louis, MO: MMB Music Inc
- Soares, M. (2004). Letramento e alfabetização: as muitas facetas. *Revista Brasileira de Educação*, (25), 5-17.
- Swanwick, Keith. (2007) *Teaching music musically*. Mar 14, Kindle edition.
- Swanwick, K., & Tillman, J. (1986). The sequence of musical development: a study of children's composition. *British journal of music education*, 3(3), 305-339.
- Vaishnavi, V. K., & Kuechler, W. (2015). *Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology*. Crc Press.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178.
- Vianna, M., Vianna, Y., Adler, I. K., Lucena, B., Russo, B. (2012). *Design Thinking: inovação em negócios*. Rio de Janeiro, RJ: MJV Press, 2012. 162p.
- Vygotsky, L. (1989) *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- Wainer, J. (2011). Experimento em sistemas colaborativos. *Sistemas colaborativos*, 405-432.
- Wazlawick, R. (2014). *Metodologia de pesquisa para ciência da computação*, 2ª edição.
- Wieringa, R. J. (2014). *Design science methodology for information systems and software engineering*. Springer.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. Bookman editora.

