



## Trazendo Multimodalidade para o Design de Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia

**Heloisa Moura**

Rua Marquês de São Vicente 225 RDC, Gávea, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

[hmoura@les.inf.puc-rio.br](mailto:hmoura@les.inf.puc-rio.br)

**Hugo Fuks**

Rua Marquês de São Vicente 225 RDC, Gávea, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

[hugo@inf.puc-rio.br](mailto:hugo@inf.puc-rio.br)

**Resumo** *As interações humanas são multimodais por natureza. Das formas simples a complexas de transferência de informação, os seres humanos utilizam-se de uma multiplicidade de modos comunicativos, tais como expressão facial, gesto e fala para transmitir significado e dar sentido às experiências diárias. Através do uso de diferentes modos de comunicação, os indivíduos interagem e transmitem mensagens em várias camadas simultâneas, influenciados pela aparência, configuração espacial e dinâmica do contexto social onde estão situados.*

*O presente artigo apresenta uma estrutura ou framework metodológico para registrar a prática da aprendizagem e comportamento dos aprendizes em ampla expressão multimodal, e traduzí-los de modo a informar o processo de design de Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia. A pesquisa examina estudantes de pós-graduação, principalmente de Ciência da Computação e Design, dentro de ambientes formais e informais de aprendizagem fazendo uso variado de tecnologia. Os métodos de pesquisa incluem: a) observação vídeo-etnográfica; b) entrevistas semi-estruturadas; e c) análise documental de material de arquivo.*

*A estrutura metodológica resultante inclui sete passos: 1) observação in situ, 2) análise de uso de tempo e estratégia de ensino, 3) análise de uso de espaço e ação, 4) análise de uso de tecnologia, 5) análise de multimodalidade e aprendizagem, 6) descrição das possibilidades para a ação, e 7) tradução das possibilidades para a ação em critérios para o design.*

**Palavras-Chave:** *Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia, Multimodalidade*

**Abstract** *Human interactions are multimodal in nature. From simple to complex forms of transfer of information, human beings draw on a multiplicity of communicative modes, such as facial expression, gesture and speech to convey meaning and make sense of everyday experiences. Through the use of different modes of communication, individuals interact and transmit messages on several levels simultaneously, influenced by the appearance, spatial configuration and dynamics of the social context where they are situated.*

*This paper presents a methodological framework for capturing learning practice and learners' behavior in rich multimodal expression, and translating them in ways that are informative for designing innovative Technology-Enhanced Learning Environments. The research looks at graduate students, mainly Computer Science and Design, within formal and informal learning environments making use of a broad range of technology. The research methods include: a) video-ethnography; b) semi-structured interviews; and c) archival material analysis.*

*The resulting methodological framework includes seven steps: 1) in situ observation, 2) time and teaching strategy analysis, 3) use of space and action analysis, 4) use of technology analysis, 5) multimodality and learning analysis, 6) affordances description, and 7) affordance-criteria translation.*

**Keywords:** *Technology Enhanced Learning Environments, Multimodality*

## 1 Introdução

A aprendizagem é um processo social em que o significado é construído ativa e iterativamente com base em uma multiplicidade de modos de comunicação, tais como expressão facial, fala, gesto, olhar, escrita e proximidade corpórea dos demais, de modo a representar a informação, transmitir significado e dar sentido às experiências diárias. “A sequência de interações [corpóreas e multimodais] de diálogo, ação e reação, adaptação e reflexão, [percebidas e expressas não somente através da fala, mas do corpo todo] possibilitam que os aprendizes: sejam expostos a novas idéias; as relacionem entre si de modo a melhorarem sua prática; relacionem sua prática melhorada a uma compreensão maior; e assegurem a qualidade de sua compreensão” [1].

Através dos múltiplos modos de interação e comunicação, diferentes oportunidades se tornam disponíveis aos aprendizes, já que cada modo os força a fazerem compromentimentos com respeito ao significado, em função das possibilidades e limitações para a percepção e ação, ou *affordances* [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] de cada um. E assim como o corpo humano possibilita certas ações e limita outras, o contexto [9] onde o indivíduo está situado também tem um papel importante na definição de possibilidades para a percepção e ação disponíveis.

Em ambientes de aprendizagem, o espaço, a tecnologia, o design pedagógico, juntos com os outros agentes e componentes da interação presentes em determinado momento, auxiliam a estruturar o grupo de possibilidades disponíveis para o indivíduo construir significado e aprender. E no contexto de aprendizagem da sala de aula, o professor, os colegas, as atividades de aprendizagem, as tecnologias e o espaço estão todos incluídos. É através das possibilidades para a ação do design pedagógico, da tecnologia e do espaço, que as possibilidades para a construção do significado e aprendizagem são estruturadas juntas de modos acessíveis aos aprendizes.

A tecnologia pode ser utilizada de várias formas para apoiar a aprendizagem, e mais e mais, em diferentes escalas, têm se tornado presente dentro de ambientes educativos como salas de aula. Entretanto, exemplos de formas de aprendizagem autenticamente inovadoras, as quais maximizem as possibilidades para a ação que as novas tecnologias parecem oferecer, ainda são raras. Em verdade, “em sua maioria, o uso das novas tecnologias parece oferecer ‘mais do mesmo’, refletindo as práticas já existentes nos novos meios em vez de explorar novas possibilidades e criar novas experiências” [10].

O objetivo deste artigo é apresentar uma estrutura ou *framework* metodológico para trazer a multimodalidade e *affordances* para o design de Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia (Technology E-

nanced Learning Environments), ou TELE. Este *framework* é resultado de uma pesquisa qualitativa que estudou alunos de pós-graduação – incluindo alunos de Comunicação e Engenharia, mas principalmente de Ciência da Computação e Design – dentro de ambientes de aprendizagem tradicionais e online, formais e informais, fazendo usos variados, e em diferentes escalas, de tecnologia. Esta pesquisa compreende 27 observações vídeo-etnográficas, 28 entrevistas semi-estruturadas; e análise documentária de material de arquivo, os quais resultaram em anotações multimodais e aproximadamente 85 horas de documentação de vídeo e 30 horas de documentação em áudio.

A necessidade de tal estrutura metodológica é apoiada pelo trabalho de Boyle e Cook [11], os quais afirmam que observações empíricas da aprendizagem são o que é preciso para a evolução de novas ferramentas e sistemas para dar suporte a, entre outros, designers e desenvolvedores, à medida que visualizam novas ferramentas inovadoras para dar apoio à aprendizagem. Conole [10] afirma que uma das questões acerca da aprendizagem no momento é: “como podemos coletar e representar a prática [de aprendizagem] (e em particular a prática inovadora)?”

## 2 Framework Metodológico

A estrutura metodológica, ou *framework* proposto por Moura [12], sugere um processo para: registrar a prática de aprendizagem *in situ* [9] dentro de ambientes de aprendizagem fazendo usos variados, e em diferentes graus, de tecnologia; analisar os dados em termos de multimodalidade – destacando uso de tempo, estratégias de ensino e ciclos de aprendizagem [13], uso de espaço físico, ações de níveis baixo/médio/alto [14], uso de mídia e tecnologia – e as relações entre multimodalidade e necessidades de aprendizagem; descrevendo o resultado da análise em termos de *affordances* – pedagógicas, tecnológicas e espaciais; e traduzindo estas em princípios e critérios para o design de Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia. Um cenário, no final do artigo, ilustra como as *affordances* e os princípios para o design identificados podem apoiar a concepção de TELE.

Iniciando pelas observações empíricas da aprendizagem dentro de ambientes formais e informais, tradicionais e online, fazendo usos variados de tecnologia, o *framework* com sete passos, e os modelos conceituais que o compõem são identificados, agrupados e descritos. Em seguida, a fim de dar apoio ao design de TELE, estes modelos são apresentados em forma de procedimentos.

A estrutura metodológica inclui os seguintes itens: 1) observação *in situ*, 2) análise de uso de tempo e estratégia de ensino, 3) análise de uso de espaço e ação, 4) análise de uso de tecnologia, 5) análise de multimodalidade e aprendizagem, 6) descrição das *affordances* – pedagógicas, tecnológicas e espaciais, e 7) tradução de *affordances* em critérios para o design. A Figura 1 resume o *framework* metodológico.

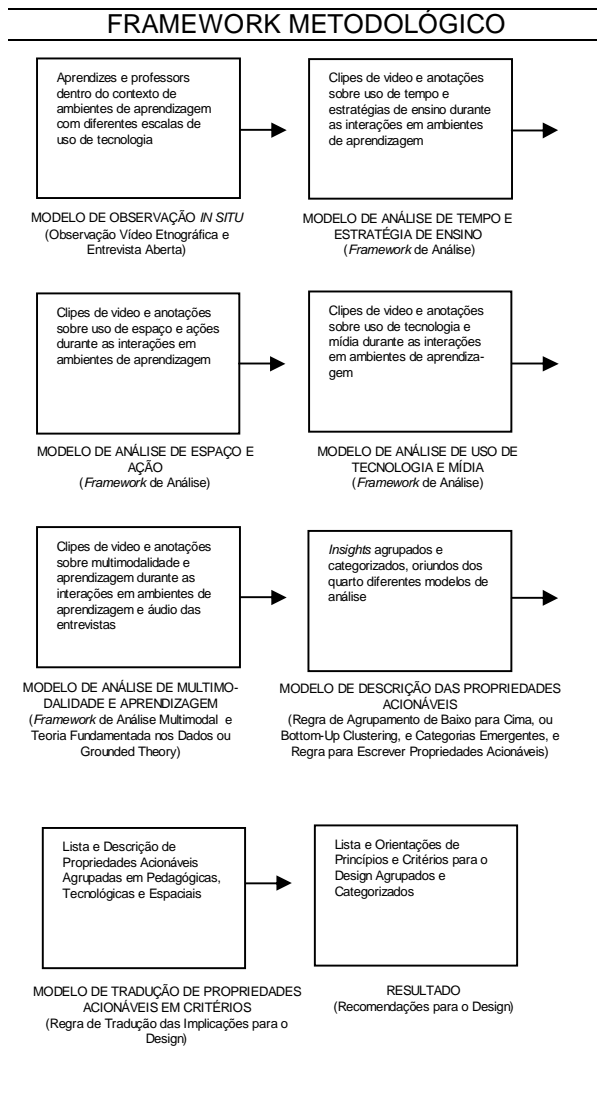


Figura 1: Framework Metodológico

Dentro do *framework* metodológico, o primeiro modelo conceitual, nomeado Modelo de Observação *In Situ* (Figura 2) move: desde a conceituação da pesquisa, quando o objetivo, hipóteses e perguntas [15] são formulados; para o detalhamento da pesquisa, onde os particulares dos procedimentos são descritos – incluindo enfoque, estratégias, métodos, procedimentos e unidades de

análise; para o teste piloto; para a coleta dos dados. Durante a última parte, a pesquisa contextual ocorre, fazendo uso de vários métodos de coleta de dados, tais como observação *in situ* e entrevista semi-estruturada, assim como a replicação da mesma entre os sujeitos de pesquisa.

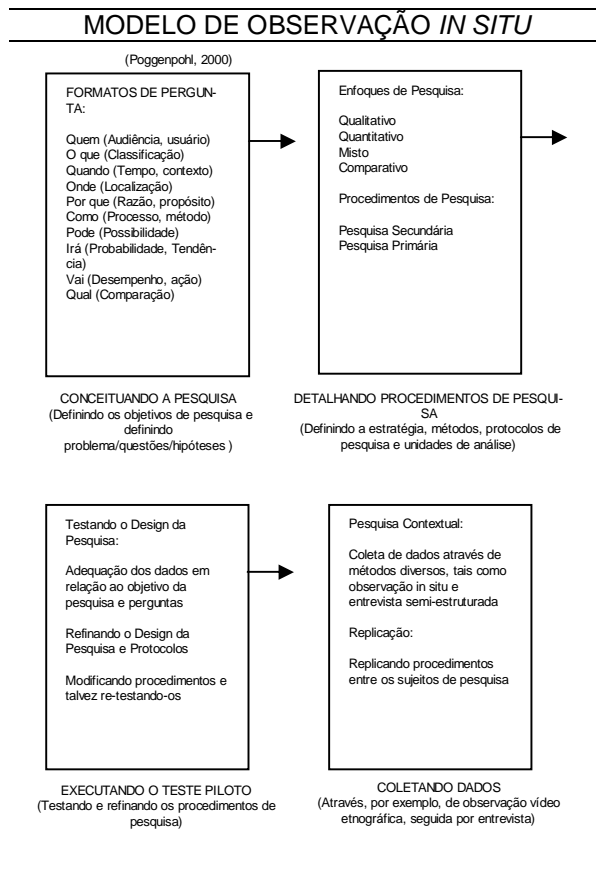
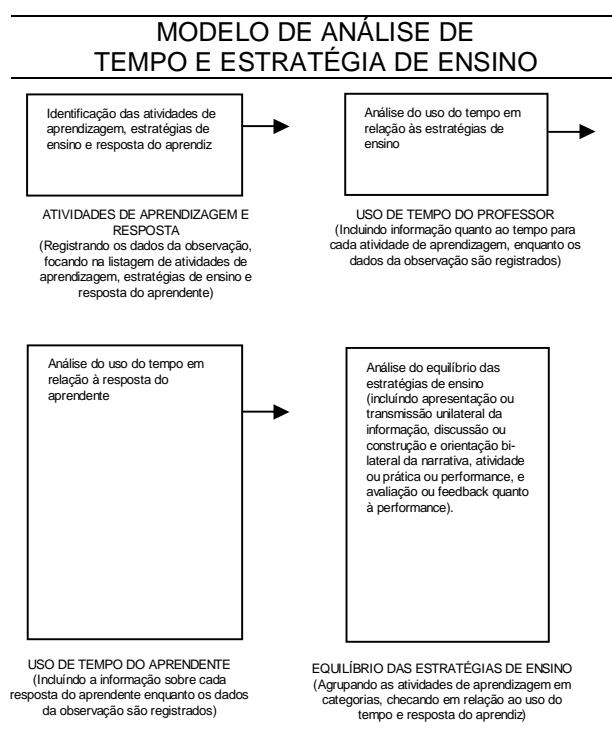


Figura 2: Modelo de Observação *In Situ*

O segundo modelo conceitual, ou Modelo de Análise de Tempo e Ciclo de Aprendizagem (Figura 3) começa com a observação das atividades de aprendizagem, estratégias de ensino e resposta do aprendiz, que são registradas através de anotações multimodais de campo. Quatro categorias principais de estratégias de ensino são utilizadas para agrupá-las: a) apresentação ou transmissão unilateral da informação, b) discussão, ou construção e orientação bi-lateral da narrativa, c) atividade, prática ou *performance*, e d) avaliação, ou *feedback* quanto à *performance*. Ao mesmo tempo em que os dados da observação são registrados, a informação sobre o tempo de início e término de cada atividade do aprendiz e professor é incluída. Em seguida, o uso de tempo dos dois é contrastado lado a lado. Finalmente, o equilíbrio de

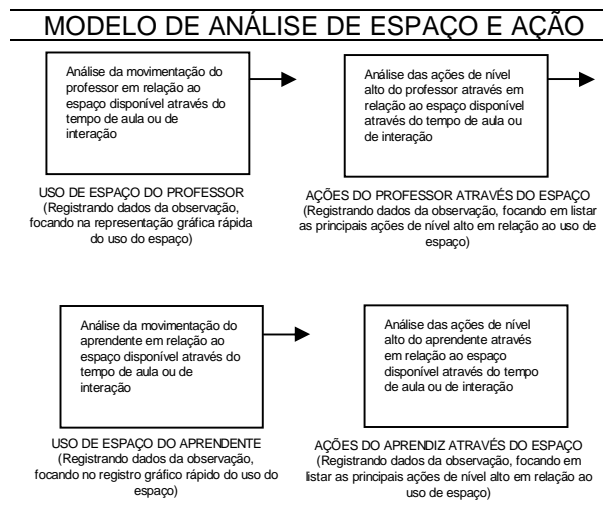
tempo gasto com cada uma das quatro categorias de estratégias de ensino é verificado em relação à resposta do aprendiz, tal como o seu nível de atenção e envolvimento sensorial.



**Figura 3:** Modelo de Análise de Tempo e Estratégia de Ensino

O terceiro modelo conceitual, ou Modelo de Análise de Espaço e Ação (Figura 4) começa com a movimentação do professor no espaço da sala de aula, ou espaço de aprendizagem, em relação ao tempo, e registra os dados da observação relativos a ações de nível alto [14], ou seja, aquelas marcadas por um início e uma conclusão, tal como uma conversa, e feita de uma multiplicidade de ações de nível intermediário (ou sequências menores de ação dentro de uma ação de nível alto; por exemplo, a Célia se vira para o João para perguntar que horas eles precisam partir, seguida da resposta do João) e de nível baixo (ou as menores unidades interacionais de significado, como uma entonação usada durante uma conversa) encadeadas umas nas outras, assim como toma como base uma série de ações congeladas (ações de nível alto que são executadas por um indivíduo ou grupo a qualquer momento antes da interação em questão, e que estão agregadas ou congeladas em objetos materiais, como uma revista sobre a mesa – implicando em que algum indivíduo colocou-a ali). Em seguida, o modelo examina o movimento do aprendiz com relação ao espaço através do tempo de aula ou de interação, e registra os dados quanto às ações do aprendiz. A informação espacial é

registrada graficamente (Figuras 5 e 6), sobre a planta do chão do espaço utilizado pelo professor ou aprendiz durante a observação.



**Figura 4:** Modelo de Análise de Espaço e Ação

O quarto modelo conceitual, ou Modelo de Análise de Uso de Tecnologia e Mídia (Figura 7) é focado em: registrar os dados da observação do professor e do aprendiz quanto ao uso de mídia, tecnologia, objetos e materiais disponíveis, e contrastar o uso de ambos através do tempo de aula ou de interação. Ao mesmo tempo em que o modelo se concentra naquilo que está sendo usado, ele registra as ações de nível alto associadas.

O quinto modelo conceitual, ou Modelo de Análise de Multimodalidade e Aprendizagem (Figura 8) utiliza a informação coletada no terceiro e quarto modelos, ou seja, as ações de nível alto registradas, e faz uma seleção das mesmas em função de critérios baseados no objetivo da pesquisa, de modo a proceder com a análise e descrição detalhadas das ações de nível intermediário e baixo contidas nas mesmas, utilizando para este fim os cliques de vídeo gravados. Deste modo, nem todas as ações de nível alto são examinadas em detalhes, ajudando a focar a pesquisa no objetivo previamente estabelecido e economizar tempo valioso. Este modelo é o mais complexo dos sete e inicia com a anotação da análise contextual ou registro de dados com foco na descrição da informação relativa ao contexto e na seleção das melhores instâncias representativas dentro dos diferentes ciclos de aprendizagem e de estratégias de ensino. Em seguida, o modelo se dirige para o registro da comunicação verbal e multimodal e para a transcrição das instâncias selecionadas em termos de comunicação verbal e não verbal, nos seus vários códigos e modos [14, 16, 17, 18, 19, 20].

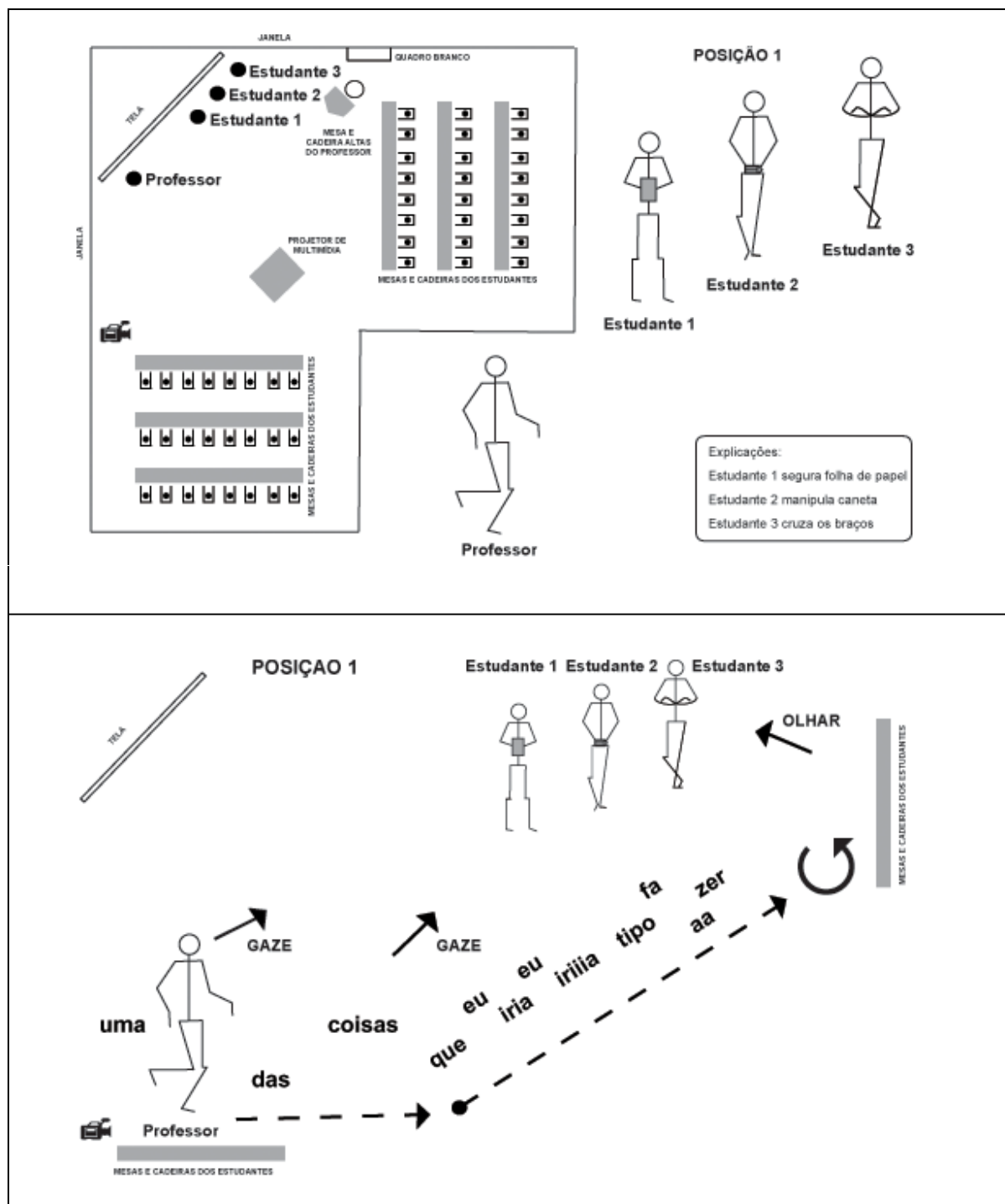


Figura 5 : Exemplo 1 de representação gráfica de análise de espaço e ação multimodal

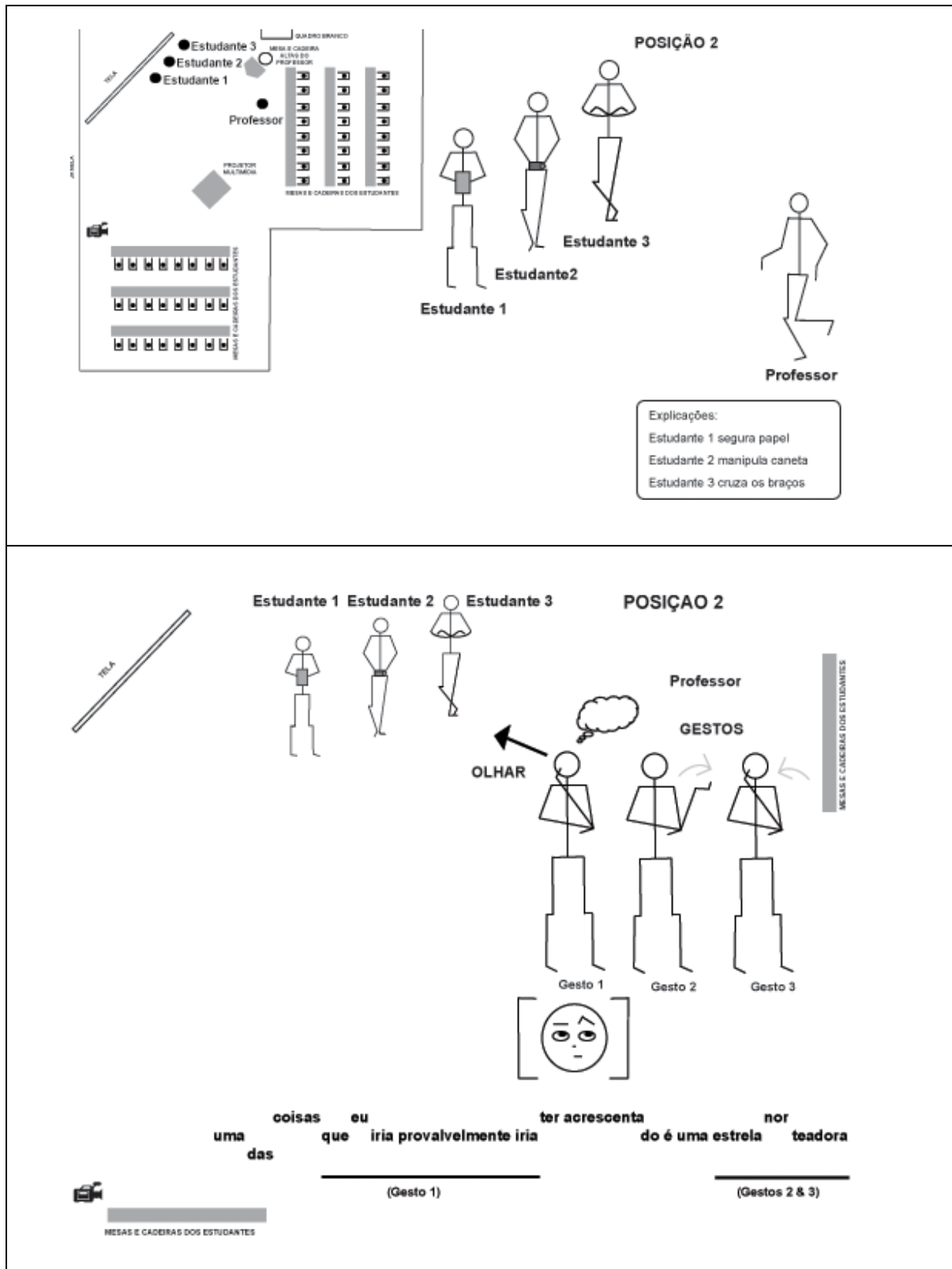


Figura 6 : Exemplo 2 de representação gráfica de análise de espaço e ação multimodal

### MODELO DE ANÁLISE DE USO DE MÍDIA E TECNOLOGIA

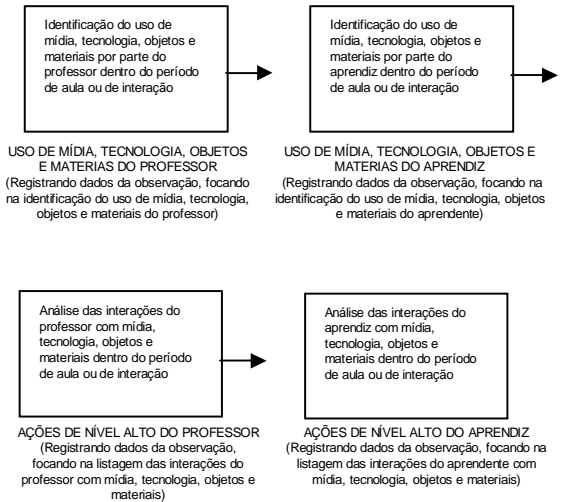


Figura 7: Modelo de Análise de Uso de Mídia e Tecnologia

Inúmeros exemplos detalhados deste processo de análise são encontrados na tese de Moura [12], dois deles são ilustrados sumariamente aqui (Figuras 9 e 10), mostrando as implicações para a aprendizagem através de evidências corpóreas de estilos e necessidades de aprendizagem [21] que são apoiadas ou não durante a aula ou interação. Depois disto, o modelo sintetiza a análise multimodal através de gráficos e sequências de imagens, e procede para a análise da entrevista e comparação destes dados com aqueles da análise multimodal, conduzindo ao agrupamento de dados provenientes de duas fontes e, daí, para a categorização de significados.

O sexto modelo conceitual ou Modelo de Descrição de *Affordances* (Figura 11) oferece uma sintaxe, ou conjunto de regras, em quatro variações, para descrever as possibilidades para a ação ou *affordances* pedagógicas, tecnológicas e espaciais do ambiente de aprendizagem, incluindo as versões: básica, simplificada, detalhada e relacional. A sintaxe relacional para escrever *affordances* mostra as conexões entre o ambiente, as ferramentas, os artefatos mediadores, as suas propriedades, as possibilidades para a ação, o uso de fato, as oportunidades perdidas para a ação, e a relação propriedade-uso. Elaborando no trabalho de Rasmussen [22], e considerando a importância de descrever a relação entre propriedade e uso de alguma coisa por parte de um sujeito, dentro de um contexto específico através de suas *affordances*, o seguinte é proposto:

(1) {Sujeito} [QUEM/O QUE] mais (2) {objetivo e ambiente} [PORQUE E ONDE], mais (3) {por meio de} [ADVÉRIBIO], mais (4) {ação tomada para alcançar objetivo} [COMO], mais (5) {ferramentas e artefatos mediadores} [ATRAVÉS DE QUE MEIO], vírgula (6) {affordance} [RELAÇÃO ENTRE PROPRIEDADES E USO]. O que significa: (1) sujeito ou nome de alguém ou de alguma coisa, mais (2) frase descrevendo objetivo e onde ele ocorre (verbos de ação, substantivo, preposição e substantivo), mais (3) advérbio ‘por meio de’, mais (4) verbos de ação que apoiem o alcance do objetivo, mais (5) substantivos e adjetivos que descrevem as ferramentas, artefatos e suas propriedades, atributos ou qualificadores, vírgula (6) substantivos descrevendo as *affordances*.

### MODELO DE ANÁLISE DE MULTIMODALIDADE E APRENDIZAGEM

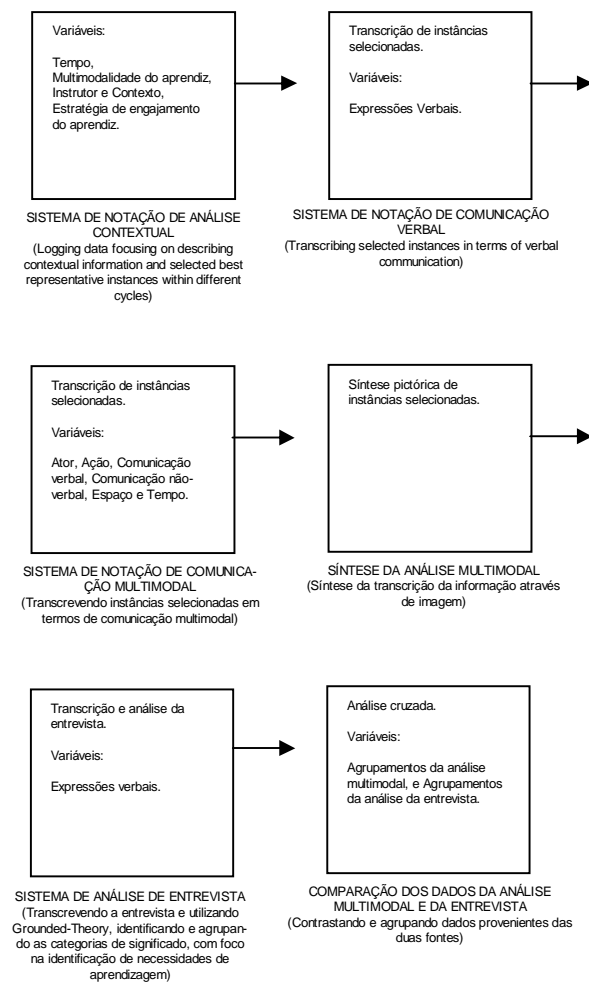


Figura 8: Modelo de Análise de Multimodalidade e Aprendizagem




TRANSCRIÇÃO DE COMUNICAÇÃO MULTIMODAL						
Instância 1   Estudante T4 durante atividade em grupo   Caçando peças						
<i>[Há muito barulho na sala de aula, pois muitos alunos falam simultaneamente, deste modo, muitos dos diálogos não são inteligíveis]</i>						
ATOR	IMAGEM	AÇÃO	COMUNICAÇÃO VERBAL	COMUNICAÇÃO NÃO-VERBAL	SPACE	TIME
IL1 (estudante Israelens, sexo masculino, grupo D)		Explora as peças de Lego situadas dentro de uma caixa, junto com outros estudantes, tentando encontrar determinadas peças das quais seu grupo vai precisar para fazer a atividade proposta pelo professor; dá uma peça para o estudante US1, após sua solicitação, mostra outra peça para o mesmo, e conversa com ele e outros estudantes enquanto faz isso.	<u>Linguagem Falada/ Expressão Verbal</u> : 1 [A, B, C, D] "E aí?" 3 "muito pequeno, muito pequeno, muito pequeno, muito pequeno. [pausa] [G, H] Muito pequeno."	<u>Linguagem Visual/Olhar</u> : [A] Olha para as peças de Lego dentro da caixa grande. [F] Olha para as peças de Lego na mão de US1. [G] Olha para as peças de Lego na sua mão esquerda. [J] Olha para as peças de Lego enquanto as entrega para US1. <u>Linguagem Corporal/Movimento Físico</u> : [A] Explora peças de Lego com sua mão esquerda dentro da grande caixa e segura algumas delas com sua mão direita, ao mesmo tempo que senta com suas pernas cruzadas. [F] Explora as peças de Lego situadas na mão de US1. [G] Segura peças de Lego com sua mão esquerda fechada e abre-a para pegar peças de US29; depois mostra para US1. [J] Dá peças de Lego para US1. <u>Artefato/ Objeto</u> : [A, F, G] Explora e segura peças de Lego.	6º Andar, Sala de aula.	10:12:15-10:12:43
US1 (estudante Americano, sexo masculino, grupo D)		Fica de joelhos atrás de IL1, faz pergunta e pega peça de Lego de sua mão.	<u>Linguagem Falada/ Expressão Verbal</u> : 2 [E] "[Não inteligível]. [F]" 4 "[I] Você pode me dar [não inteligível] para as rodas [J]?"	<u>Linguagem Visual/Olhar</u> : [B] Olha para as peças de Lego. [E] Olha para IL1. [I] Olha para IL1. <u>Linguagem Corporal/Movimento Físico</u> : [B] Segura peças de Lego com sua mão direita, enquanto fica de joelhos. <u>Artefato/ Objeto</u> : [B] Segura peças de Lego.		
T4 (estudante Americana, alvo desta observação- sexo feminino, grupo D)		Explora as peças de Lego, tentando encontrar aquelas que seu grupo irá precisar.		<u>Linguagem Visual/Olhar</u> : [C] Olha para as peças de Lego e para IL1. <u>Linguagem Corporal/Movimento Físico</u> : [C] Explora as peças de Lego pieces com sua mão direita na grande caixa de Lego, enquanto senta sobre seus calcanhares. <u>Artefato/ Objeto</u> : [C] Explora peças de Lego.		
US29 (estudante Americano, sexo masculino, outro grupo)		Explora as peças de Lego, e dá uma delas para IL1.		<u>Linguagem Visual/Olhar</u> : [D] Olha para as peças de Lego na caixa e em suas mãos. [H] Olha para IL1. <u>Linguagem Corporal/Movimento Físico</u> : [D] Explora peças de Lego com sua mão direita dentro da grande caixa de Lego e segura algumas peças com sua mão esquerda, estando de joelhos. [H] Dá uma peça para IL1. <u>Artefato/ Objeto</u> : [D] Explora as peças de Lego.		

Figura 9 : Trecho de transcrição multimodal, estudante T4, aula presencial de Design







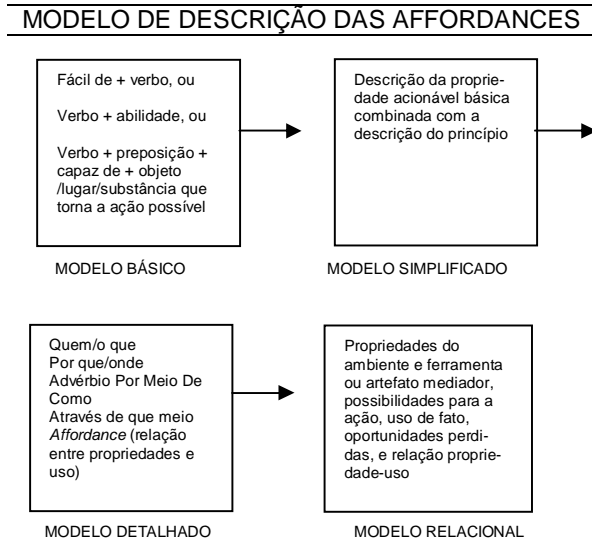
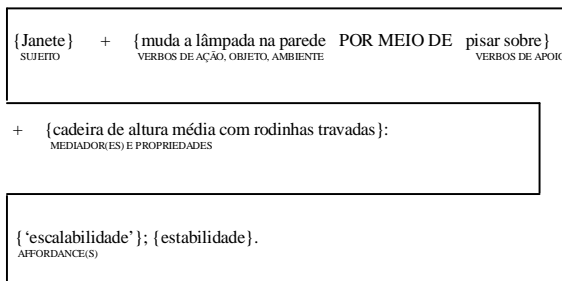
OBSERVAÇÃO DE AULA ONLINE NO LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA	
TEMPO	0:45 do início da observação   17:25 horas.
CONTEXTO/ PROFESSOR	0" à 9" O professor dá palestra em frente da camera de vídeo, e a palestra é gravada e disponibilizada online depois de sua ocorrência, ou seja não 'em tempo real'. Outros estudantes no laboratório também utilizam computadores, mas cada um fica envolvido em sua própria atividade. O estudante S1 assiste a palestra do professor via tela do computador, faz uma pausa, abre e opera a calculadora do computador e conduz pesquisa no Google.
MULTIMODALIDADE DO ESTUDANTE	0" S1 rotaciona sua cadeira e cruza seus braços. Sua cabeça cai para baixo pesadamente á medida que ele cai no sono. 1" S1 levanta sua cabeça lentamente e começa a sacudir suas pernas, tendo os pés apoiados no chão. Mais uma vez ele olha para baixo e fecha seus olhos, enquanto gira a cadeira de um lado para o outro. 4" S1 pega o mouse com a mão direita e clica o botão esquerdo com o dedo indicador, fazendo uma pausa na palestra. Em seguida, larga o mouse ele abre a calculadora na tela, pressionando as teclas no teclado para operá-la e mantendo contato visual com a tela do computador. 7" S1 sacode sua perna direita, enquanto mantém sua cabeça ereta e olhos fixos na tela. Em seguida ele clica novamente o mouse, fazendo com que a palestra siga em frente. Enquanto isso, ele rotaciona sua cadeira e apoia suas mãos sobre a barriga, com os braços cruzados. 9" S1 segura o mouse de novo, fazendo mais uma pausa na palestra, clica no ícone do browser, abrindo o Google, e digita algumas palavras através do teclado. Ele clica, então, o botão de busca, seleciona com o clique do mouse uma das opções de resultado listadas na tela, e lê o conteúdo da página que se abre na tela. Depois disto, ele clica com o mouse no botão para fechar o browser e no botão de 'play' para reiniciar a palestra.
ES-TRATÉGIA DE ENGAJAMENTO	Uso de fones de ouvido, braços cruzados, cadeira rotacionando, pernas sacudindo freneticamente, tentativa de ouvir atentamente indicada pelos olhos quase esbugalhados, mas com pouco contato visual com a imagem do professor exibida na tela (indicando a possibilidade de que as modalidades sensoriais auditiva e motora sejam preferidas à modalidade visual).
IMAGEM	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>olhos fechados</b></p> <p>00:00:02</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>dormindo</b></p> <p>00:01:47</p> </div> </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>clicando o mouse</b></p> <p>00:04:38</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>digitando no teclado</b></p> <p>00:09:14</p> </div> </div>

Figura 10 : Exemplo resumido de análise multimodal, estudante S1, aula online de Ciência da Computação



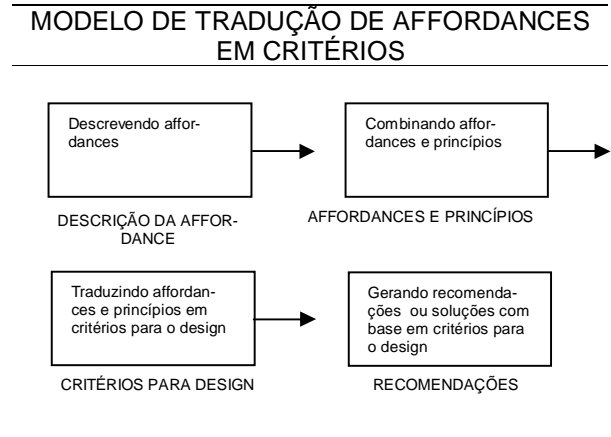
**Figura 11:** Modelo de Descrição das *Affordances*

Por exemplo, supõe-se uma situação particular onde uma pessoa chamada Janete está subindo uma cadeira com rodinhas sem cair da mesma, com o objetivo de trocar uma lâmpada na parede. Estas relações podem ser descritas (Figura 12) como: {Janete} + {muda a lâmpada na parede POR MEIO DE pisar sobre} + {cadeira estável, de altura média, com rodinhas travadas}: {'escalabilidade'; estabilidade}.



**Figura 12:** Exemplo de Descrição de *Affordances*, Modelo Relacional

O sétimo modelo ou Modelo de Tradução das *Affordances* (Figura 13) começa com a descrição das possibilidades para a ação e inclui as seguintes características: combinar *affordances* e princípios, traduzir *affordances* e princípios em critérios para o design, e gerar soluções e recomendações de design com base nos critérios para o design. Este deriva implicações para o design de TELE a partir do que foi aprendido através da observação *in situ* dos aprendizes e professores em contextos reais de aprendizagem, centrando o processo no usuário.



**Figura 13:** Modelo de Tradução de *Affordances* em Critérios para o Design

Como resultado da aplicação desta estrutura ou *framework* metodológico de sete etapas nos dados coletados em ambientes formais e informais de aprendizagem fazendo usos variados de tecnologia, uma lista de princípios orientadores para o design de Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia foi extraída. Nela estão incluídas: 1) Estratégia Pedagógica Multi-Cíclica, 2) Modos de Interação Múltiplos, 3) Comunicação Gerenciada, 4) Relações Sociais Expandidas, 5) Expressão Emocional Apoiada, 6) Tecnologias de Apoio, 7) Espaços Multi-Funcionais, 8) Treinamento de Professores Contínuo, e 9) Orientação de Aprendizes.

Por exemplo, o princípio de Estratégia Pedagógica Multi-Cíclica – ou seja, contendo múltiplas estratégias de ensino, conforme descrito no segundo modelo conceitual – é derivado de observações como: ambientes de aprendizagem com predominância de apresentação unilateral da informação e ausência da maior parte das outras estratégias de ensino e correspondentes ciclos de aprendizagem tenderam a ser mais passivos do ponto de vista dos alunos; e ambientes de aprendizagem com a presença de construção bi-lateral da narrativa, especialmente quando casada com atividade prática, conduziu a um aumento em nível de envolvimento dos alunos, e a maiores oportunidades para interação multimodal e aprendizagem. Entre os critérios para o design casados a este princípio incluem-se: auxiliar os alunos a compreenderem os objetivos de aprendizagem do curso ou disciplina desde o início; e equilibrar a presença dos quatro estratégias de ensino em um curso ou disciplina, não necessariamente em iguais proporções, de modo a apoiar diferentes aspectos da aprendizagem.

O segundo princípio, Modos de Interação Múltiplos, sugere o apoio a diferentes preferências

sensoriais, e inclui dentre seus critérios norteadores para o design: apoiar a proximidade corpórea, da íntima à social [16]; apoiar as interações físicas e virtuais de um-para-um e de um-para-muitos; e apoiar as preferências visuais, auditivas e motoras durante as interações.

O terceiro princípio, Comunicação Gerenciada, busca tanto estimular a comunicação em sala de aula, como apoiar este processo. Dentre os critérios para o design incluem-se: gestão digital da vez de falar, ou de *turn-taking* [17], em ambientes físicos ou virtuais; facilitar que os alunos façam perguntas a qualquer momento da aula, em ambientes físicos ou virtuais, sem interromper o fluxo da mesma; e facilitar a ob-

tenção de resposta de instrutor ou colegas, em tempo real, nos ambientes físicos ou virtuais.

O quarto princípio, Relações Sociais Expandidas, sugere apoiar a expansão e aprofundamento das relações sociais dentro e fora de sala de aula. Dentre os critérios associados a este princípio incluem-se: apoiar a expressão da personalidade; casar diversão social com aprendizagem; e promover relações livres de hierarquia. Detalhes e exemplos sobre este princípio e conjunto de critérios, e sobre todos os demais, são encontrados na tese de Moura [12].

O cenário apresentado a seguir na Figura 14 ilustra como as *affordances*, e os princípios e critérios para o design identificados podem apoiar a concepção de TELE inovadores.

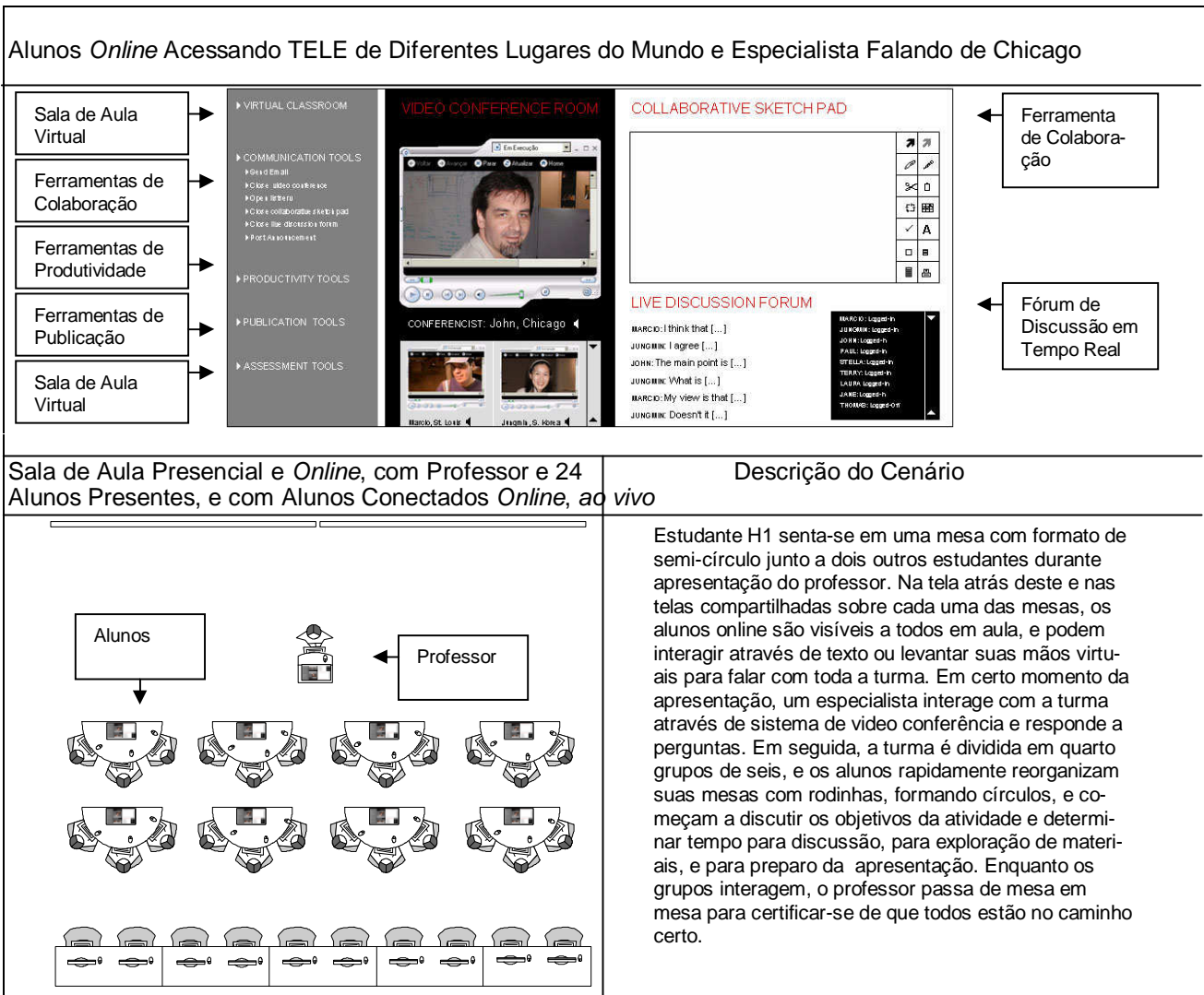


Figura 14 : Cenário exemplificando aplicação dos princípios norteadores para o design de TELE.

### 3 Conclusão

Este artigo buscou apresentar um *framework* metodológico para capturar a prática de aprendizagem e o comportamento dos aprendizes e professores em rica expressão multimodal e traduzi-la de forma informativa para o design inovador de Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia. A pesquisa examinou estudantes de pós-graduação, principalmente de Ciência da Computação e Design, em salas de aula ou ambientes de aprendizagem, quer formais ou informais, fazendo usos variados de tecnologia, e contrastou aprendizagem tradicional e online.

A partir da observação qualitativa destes ambientes, registrou-se as formas variadas pelas quais a multimodalidade está presente em tudo que os estudantes fazem. Os resultados da multimodalidade restrita ficou evidente no chacolhar frenético das pernas dos alunos sentados por três horas seguidas assistindo uma palestra, levando à, eventualmente, caírem no sono. Exemplos de multimodalidade apoiada foram encontrados em salas de aula em que os alunos avidamente exploraram peças de Lego, enquanto construíam protótipos e simulavam o seu uso em um trabalho em grupo.

Maior apoio à multimodalidade foi encontrado em ambientes de aprendizagem em que foram incluídas mais de uma estratégia de ensino, mesmo que em proporções desequilibradas. Menor apoio à multimodalidade e construção do significado foi encontrada em ambientes de aprendizagem com alta predominância de apresentação unilateral da informação.

O design pedagógico foi mais influente do que o design espacial, já que em um mesmo ambiente de aprendizagem foram observadas estratégias de ensino tanto restritas como diversificadas. No entanto, o design espacial não se mostrou sem importância na materialização de oportunidades para os estudantes interagirem face-a-face com os demais ou assistirem a uma apresentação de um ângulo de visão melhor e mais claro. Em um número de formas, este pode tornar interações desejáveis possíveis, ou criar dificuldades para que elas ocorram.

Mídias e tecnologias da informação e comunicação estão cada vez mais integradas aos ambientes de aprendizagem. Contudo, apesar dos seus avanços, as salas de aula estão longe de estarem ocupadas pelo estado-da-arte do que está disponível, e do que lá está, não é utilizado em seu pleno potencial. De modo geral, só foram encontrados exemplos de uso de tecnologia para dar apoio à apresentação unilateral da informação, e não para apoiar a construção bi-lateral da narrativa, a atividade prática ou o *feedback* quanto à *performance*. Deste modo, oportunidades para interação e colaboração apoiadas pela

tecnologia, quer presencial ou a distância, continuam sendo perdidas.

Em contraste, foi observado que os estudantes desejam ambientes de aprendizagem do tipo 'high-tech' e híbrido: Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia funcionando como portais para o mundo real, onde a interação física e virtual se confundem, e onde as oportunidades para a construção ativa e interativa do significado são abundantes.

O *framework* metodológico proposto oferece um ponto de partida e futuras pesquisas podem não apenas avaliar, validar e refinar o que foi proposto, mas também expandir o mapa de *affordances* – pedagógicas, tecnológicas e espaciais – proposto por Moura [12], que pode ser útil para orientar educadores, designers e desenvolvedores de Ambientes de Aprendizagem Aprimorados pela Tecnologia ou de tecnologias educacionais. Adicionalmente, o design iterativo de protótipos e de tecnologias e ambientes de ponta que dêem resposta às *affordances* identificadas pode auxiliar à materialização de formas inovadoras de aprendizagem e trazer a sala de aula para o século XXI.

### 4 Referências

- [1] D. Laurillard, M. Stratfold, R. Luckin, L. Plowman, J. Taylor. Affordances for learning in nonlinear narrative medium. *Journal of Interactive Media in Education*, 2000 (2). Last retrieved April 27, 2006, from: <http://www-jime.open.ac.uk/00/2/laurillard-00-2-paper.html>.
- [2] J. Gibson. The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (eds.), *Perceiving, Acting and Knowing*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1977.
- [3] J. Gibson. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
- [4] W. Gaver, W. Technology affordances. In *Proceedings of CHI'91*, New Orleans, LA, 1991.
- [5] W. Gaver. The affordances of media spaces for collaboration. In *Proceedings of the 1992 ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, Canada, 1992.
- [6] H. Hartson. Cognitive, physical, sensory, and functional affordances in interaction design. *Behaviour & Information Technology*, 2003. Last retrieved April 27, 2006, from: <http://research.cs.vt.edu/usability/publications/Hartson%20-%20affordances%20-%20BIT.pdf>.
- [7] J. McGrenere, W. Ho. "Affordances: Clarifying and Evolving a Concept." In *Proceedings of*

- Graphics Interface 2000, Canada. Last retrieved April 27, 2006, from:  
<http://www.graphicsinterface.org/cgi-bin/DownloadPaper?name=2000/177/PDFpaper177.pdf>.
- [8] G. Salomon. (ed.) *Distributed cognitions – psychological and educational considerations*, Cambridge University Press: Cambridge, 1993.
- [9] L. Suchman. *Plans and situated actions: The problem of Human-Machine Communication*. New York, NY: Cambridge University Press, 1987.
- [10] G. Conole. Capturing practice: The role of mediating artefacts in learning design. In *Handbook of Research on Learning Design and Learning Objects: Issues, Applications and Technologies*. L. Lockyer, S. Gennett, S. Agostinho, and B. Harper. University of Wollongong, Faculty of Educations, UK, 2007.
- [11] T. Boyle, J. Cook .Understanding and using technological affordances: A commentary on Conole & Dyke, *ALT-J*, 12(3), 295-299, 2004.
- [12] H. Moura. A methodological framework from bringing multimodality and affordances to design of Technology-Enhanced Learning Environments. Unpublished Ph.D. Dissertation, Illinois Institute of Technology, Institute of Design, Chicago, IL, United States, 2008.
- [13] M. Oliver, G. Conole. Assessing and enhancing quality using toolkits, *Effects Report No. 14*, 1999.
- [14] S. Norris. *Analyzing multimodal interaction: A methodological framework*. New York, NY: Routledge, 2004.
- [15] S. Poggenpohl. “Constructing Knowledge of Design, part 2: Questions – An Approach to Design Research.” In *Doctoral Education in Design, Foundations for the Future*, edited by D. Durling and K. Friedman. Staffordshire, UK: Staffordshire University Press, 2000.
- [16] E. Hall. “Proxemics.” *Current Anthropology*, 9: 83-108, 1968.
- [17] D. Tannen. *Conversational style: Analyzing talk among friends*. Norwood, NJ: Ablex, 1984.
- [18] P. Ekman. *Facial action coding system*. Salt Lake City, UT: A Human Face, 2002.
- [19] K. Jokinen, A. Raike. Multimodality - technology, visions and demands for the future. In the 1st Nordic Symposium on Multimodal Interfaces, Copenhagen, 2003.
- [20] A. Ciccia, M. Step, L. Turkstra. Show me what you mean: Nonverbal communication theory and application. *The ASHA Leader*, 34, 4-5, 2003. Last retrieved April 27, 2006, from:  
<http://www.asha.org/about/publications/leader-online/archives/2003/q4/f031216a.htm>.
- [21] B. Leaver. *Teaching the whole class*. Dubuque, Iowa, USA: Kendall Hunt Publishing Company, 1997.
- [22] J. Rasmussen. *Information processing and human-machine interaction*. New York: North-Holland, 1986.