

Um estudo empírico sobre a eficiência de diferentes representações de padrões de projeto em diagramas de classe da UML

Autores: Gerardo Cepeda Porras
Yann-Gaël Guéhéneuc

Alunos: Kamila Rios
Leonardo Morelli

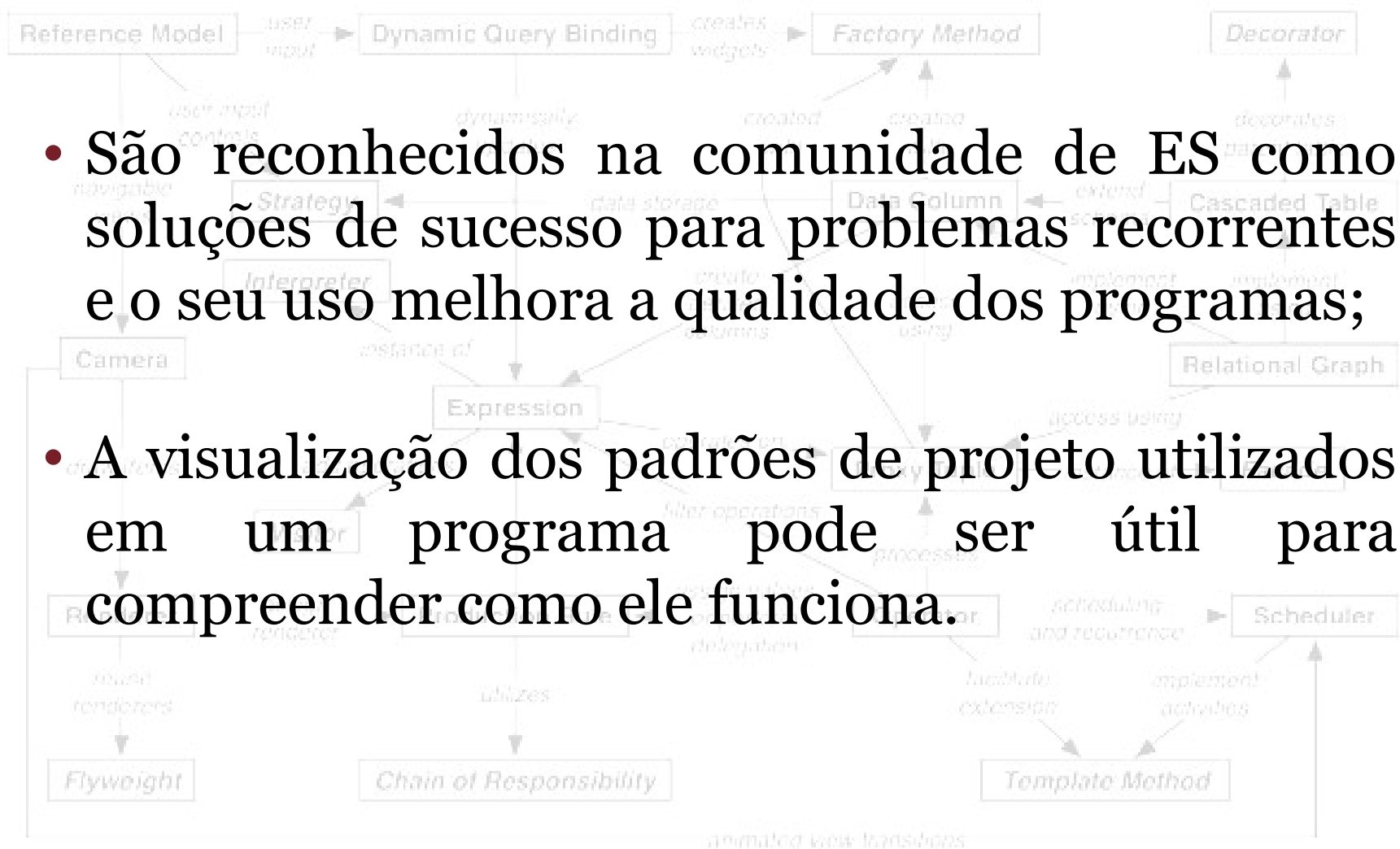
Professor: Paulo Cesar Masiero

Agenda

- Introdução
 - Padrões de Projeto
- Projeto Experimental
- Análise e Resultados
- Validades
- Conclusões

Padrões de Projeto

- São reconhecidos na comunidade de ES como soluções de sucesso para problemas recorrentes e o seu uso melhora a qualidade dos programas;
- A visualização dos padrões de projeto utilizados em um programa pode ser útil para compreender como ele funciona.



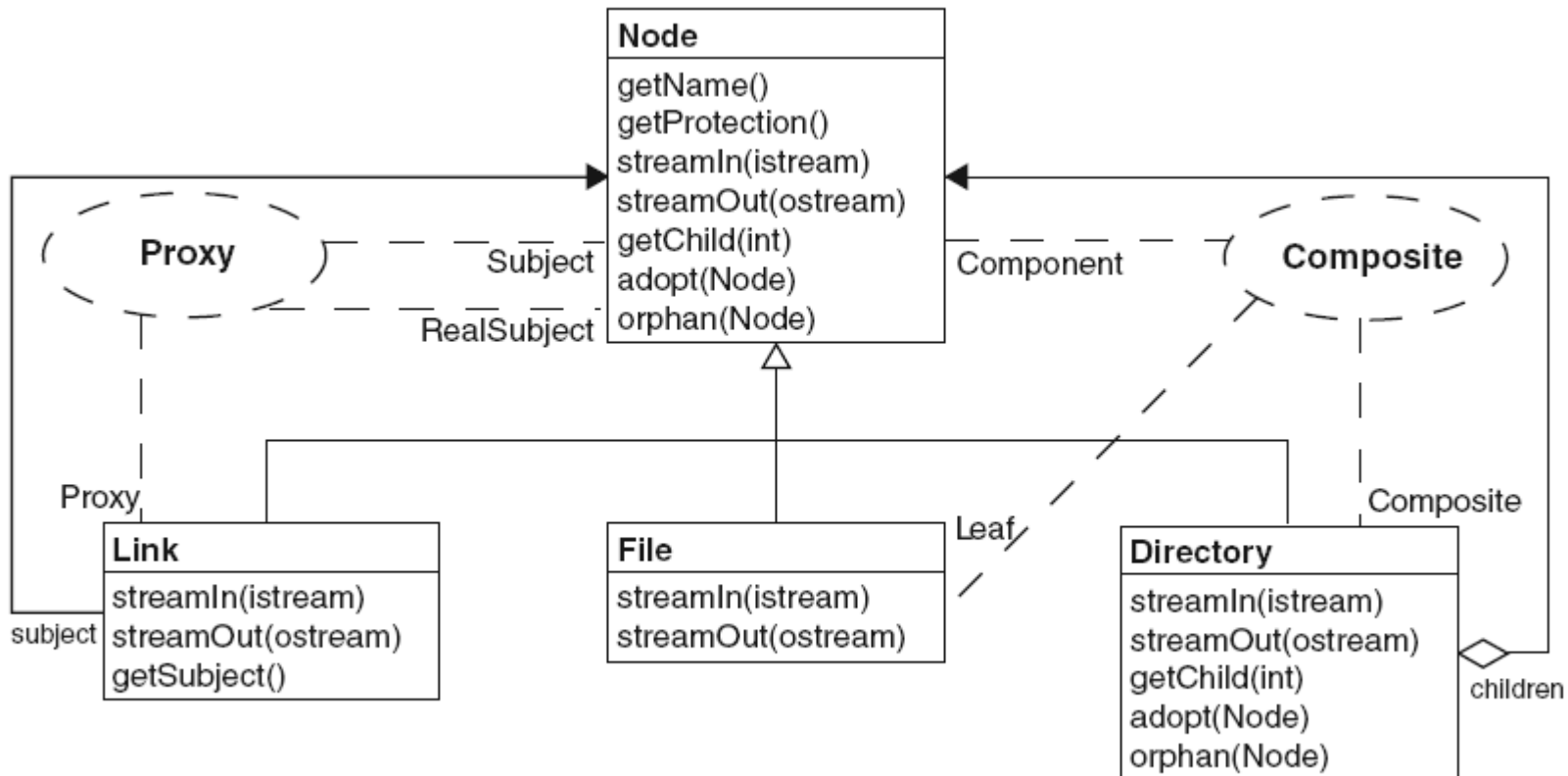
Visualização de Padrões

- Uma solução comum para visualização de padrões é a notação UML;
- Segundo os autores, existem limitações na representação UML e novas representações estão sendo propostas tentando solucionar essas limitações;
- Mas nenhuma das soluções realiza estudo empírico para comparar suas novas representações com a representação UML.

Proposta dos autores

- Realizar um estudo empírico para coletar dados sobre o desempenho de desenvolvedores nas tarefas relacionadas com a compreensão dos padrões de projeto e em seguida avaliar o impacto das representações visuais comparando-as com a UML.
- Eles utilizaram “*eye-trackers*” para medir o esforço dos desenvolvedores durante a execução do estudo.

Notação UML usando Padrões de Projeto



Notação UML segundo Vlissides (1998).

Planejamento

- Objetivo
 - Testar se ocorre uma melhora no desempenho dos desenvolvedores ao realizar tarefas de compreensão de padrões de projeto utilizando as representações Dong, Gama e Schauer e comparar com a utilização da Representação UML.

Planejamento

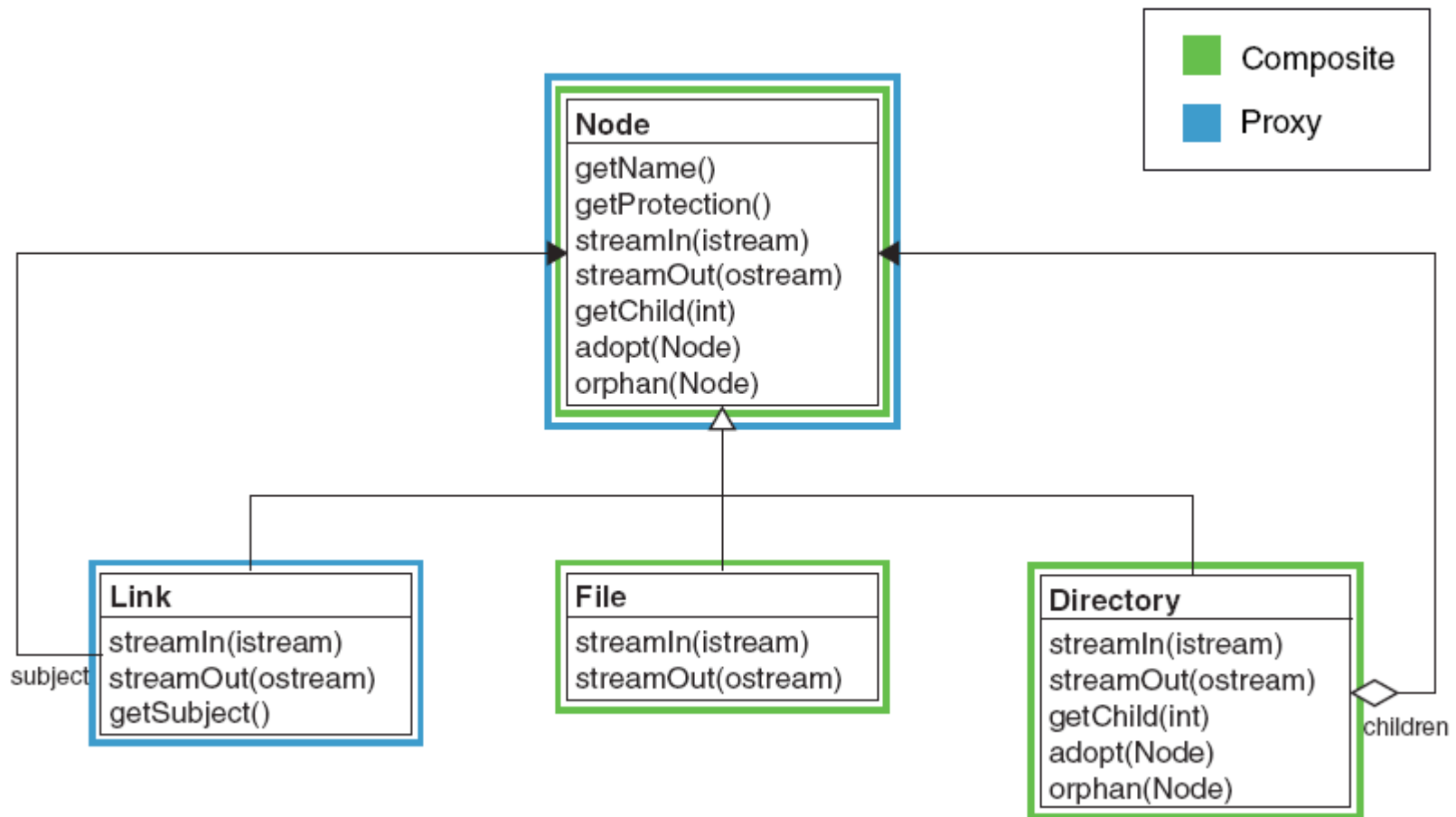
- Medir o desempenho em termos de porcentagem de acertos e de esforço gasto pelos desenvolvedores para executar as tarefas atribuídas a partir de dados coletados por meio do *eye-trackers*.
- Padrões de projeto utilizados: *Composite, Prototype, Template Method, State e Singleton*.
- Compararam a eficácia de cada representação para diagramas com classes grandes (40 classes) e pequenas (15 classes).

Escolha das Representações

- **Schauer** (Schauer e Keller, 1998) - por sua simplicidade, facilidade para identificar visualmente os padrões de projeto e o uso da sua representação;
- **Dong** (Dong et al 2005, 2007) – por ser fortemente textual;
- **Gamma** (Gamma, 1996) – por ser fortemente visual, mas possuir também uma notação textual.

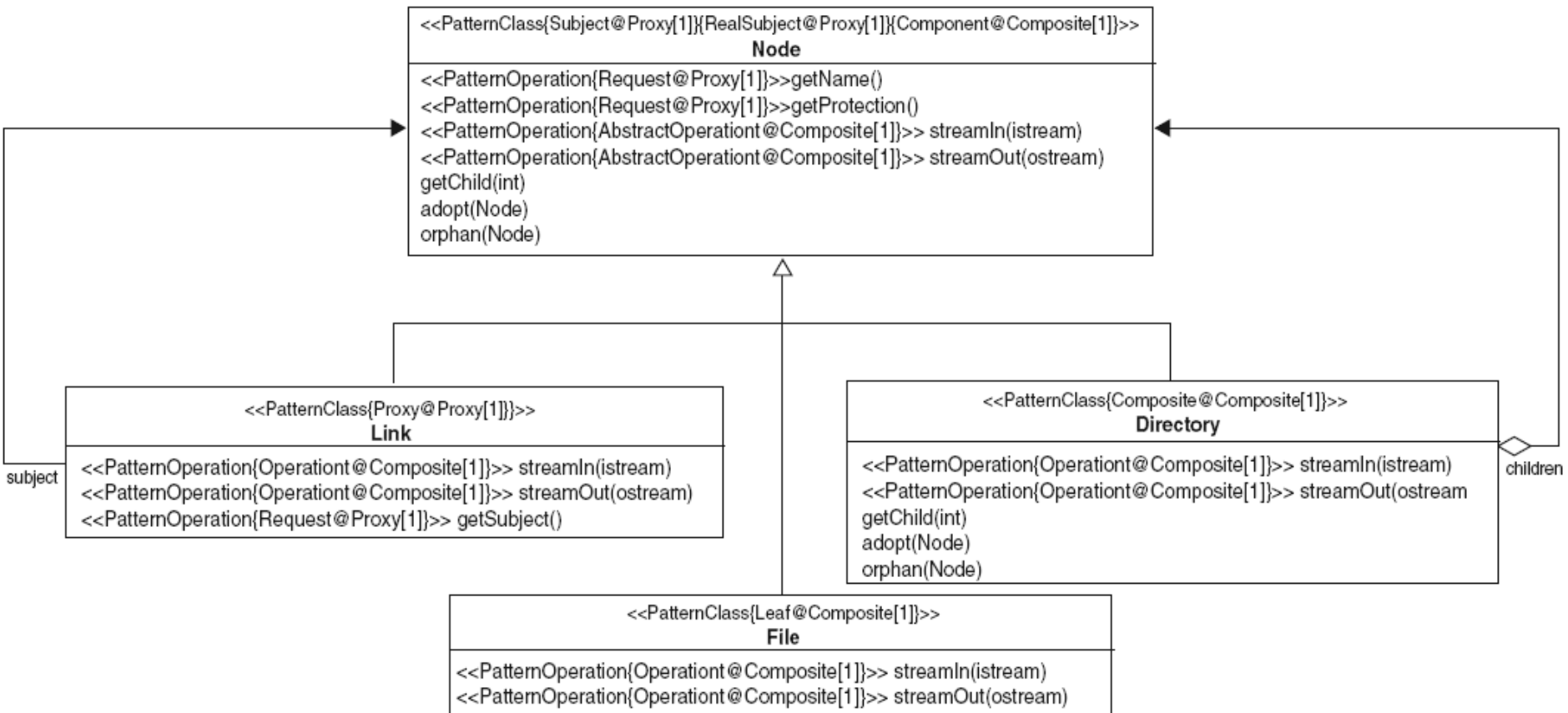
Representações

1 - Representação Schauer



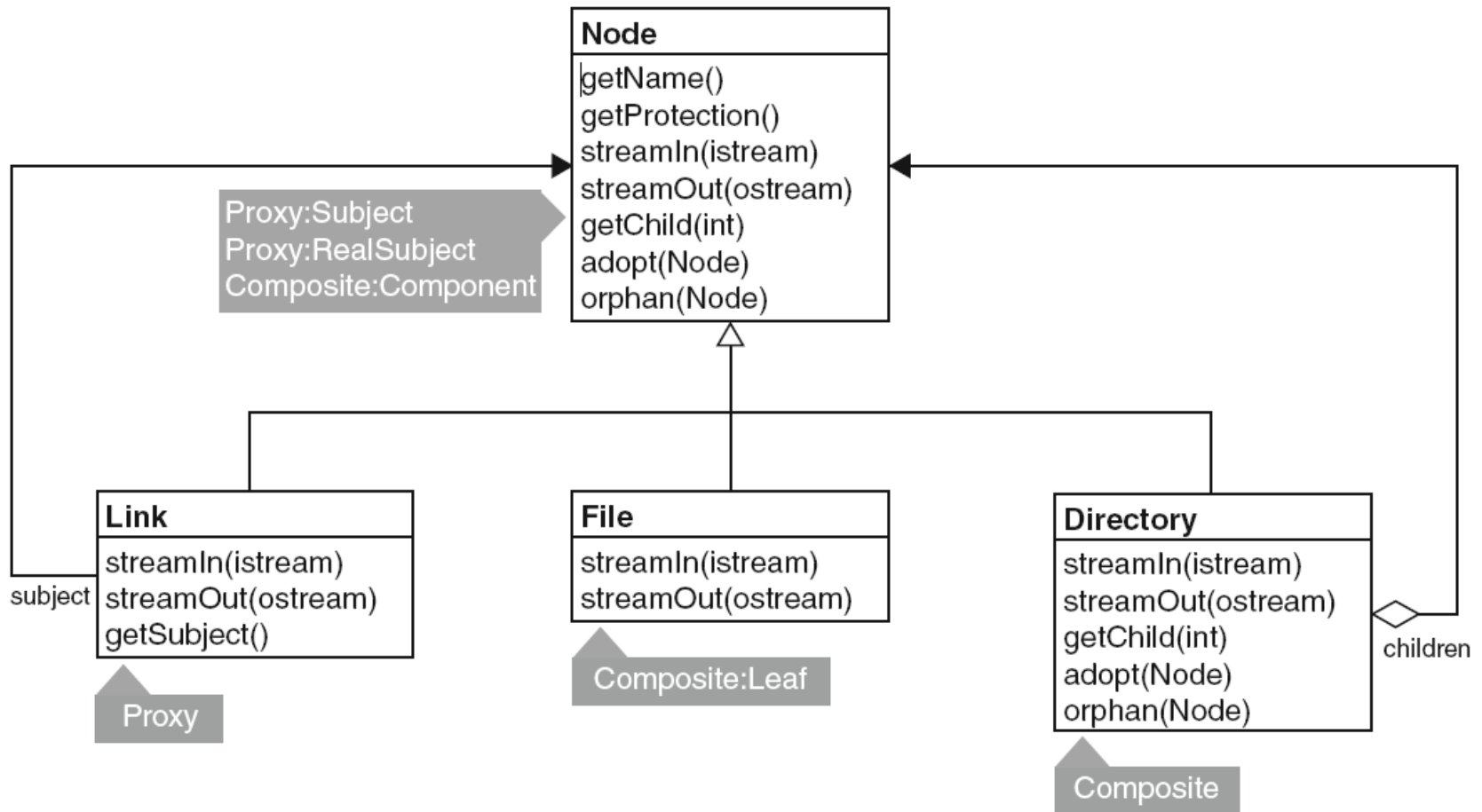
Representações

2 -Representação Dong



Representações

3 -Representação Gamma



Tarefas

O desempenho dos desenvolvedores será comparado ao executar três tarefas básicas na compreensão de padrões de projeto:

- **Participação das classes:** identificar todas as classes que participam de um padrão de projeto;
- **Função desempenhada:** identificar a função desempenhada por uma classe em determinado padrão;
- **Composição do padrão:** identificar todos os padrões de projetos que determinada classe participa.

Hipóteses Nulas

- H01: Não há diferença no esforço e na precisão entre indivíduos que utilizam Representação em UML e os que utilizam Representação Dong.
- H02: Não há diferença no esforço e na precisão entre indivíduos que utilizam Representação em UML e os que utilizam Representação Gama.
- H03: Não há diferença no esforço e na precisão entre indivíduos que utilizam Representação em UML e os que utilizam Representação Schauer.

Hipóteses Alternativas

- **H α 3.1**: O esforço médio e precisão são maiores para indivíduos que utilizam a Representação Dong do que para indivíduos que utilizam a UML.
- **H α 3.2**: O esforço médio e precisão são menores para indivíduos que utilizam a Representação Dong do que para indivíduos que utilizam a UML.

- **H α 2.1**: O esforço médio e precisão são maiores para indivíduos que utilizam a Representação Gamma do que para indivíduos que utilizam a UML.
- **H α 2.2**: O esforço médio e precisão são menores para indivíduos que utilizam a Representação Gamma do que para indivíduos que utilizam a UML.

- **H α 1.1**: O esforço médio e precisão são maiores para indivíduos que utilizam a Representação Schauer do que para indivíduos que utilizam a UML.
- **H α 1.2**: O esforço médio e precisão são menores para indivíduos que utilizam a Representação Schauer do que para indivíduos que utilizam a UML.

Material

- Programa de código aberto JHotDraw;
- Dois diagramas (de 15 e 40 classes) com suas classes utilizando padrões de projeto: *Composite, Prototype, Template Method, State e Singleton*;
 - *Esses padrões foram escolhidos por englobarem os tipos de padrões: de criação, comportamentais e estruturais;*
 - *E por terem impacto positivo na qualidade dos sistemas.*

Variáveis

- **Independentes:** Identificadas a partir das hipóteses:
 - **Representações:** UML, Schauer, Gamma, Dong;
 - **Tarefas:** Participação, Composição, Função;
 - **Conhecimento em JHotDraw:** O nível é estabelecido através de um questionário. Os valores são definidos por 0, 1 ou 2, onde 2 significa bom conhecimento, 1 tem conhecimento básico e 0 não tem conhecimento;
 - **Conhecimento sobre PP:** Conhecimento sobre padrões de projeto. Também adquirido por meio de questionário com definições de valores iguais .

Variáveis

- **Dependentes:** Identificadas a partir das hipóteses e dos dados fornecidos pelo *eye-trackers*:
 - O desempenho foi medido em termos de percentagem de resposta correta (*PAC*) e do esforço gasto pelos desenvolvedores em realizar determinadas tarefas.
 - Para cada diagrama (Dong15/Dong40, Gamma15/Gamma40, Schauer15/Schauer40 e UML15/UML40) foi estabelecido um conjunto de área de interesse (*AOI*) e um conjunto de área de visão (*AOG*). O *AOG* é qualquer elemento da classe ou parte da notação dos diagramas e *AOI* é uma classe relevante ou elemento de notação em um diagrama que deve ser o foco de atenção dos sujeitos no momento de executar uma tarefa específica (Participação, Composição ou Função).

Variáveis Dependentes - cont.

- Eles coletaram dados sobre a fixação nas áreas de interesses e área de visão usando as seguintes métricas:
 - Duração média da fixação (*AFD*): relacionada com funções cognitivas :

$$AFD = \frac{\sum_{i=1}^n (ET(F_i) - ST(F_i)) \text{ in AOG}}{n}$$

, onde *ET* (*Fi*) e *ST* (*Fi*) representa o tempo final e inicial da fixação *Fi* e *n* representa o número total de fixações em AOG.

Variáveis Dependentes - cont.

- Relação de "On_target: ALL_TARGET" tempo de fixação (*ROAFT*): A relação entre o tempo passado na *AOI* dividido pelo tempo decorrido na *AOG*.

$$ROAFT = \frac{\sum_{i=1}^n (ET(F_i) - ST(F_i)) \text{ in } AOI}{\sum_{j=1}^m (ET(F_j) - ST(F_j)) \text{ in } AOG}$$

- , onde *ET* (*Fi*), *ET* (*Fj*) e *ST* (*Fi*), *ST* (*Fj*) representam o tempo inicial e final para fixação *Fi* ou *Fj* respectivamente, *n* e *m* representam o número total de fixações em *AOI* e *AOG*, respectivamente.

Variáveis Dependentes - cont.

- Relação de "On_targer: ALL_TARGET" fixações (*ROAF*): Esse índice é uma medida de eficiência de conteúdo dependente de busca visual.

$$ROAF = \frac{\text{Total Number of Fixations in AOI}}{\text{Total Number of Fixations in AOG}}$$

- Proporções menores indicam menor eficiência devido a um maior esforço para identificar os elementos necessários para realizar a tarefa.

Voluntários

- 24 pessoas. Estudantes de mestrado e doutorado do Departamento de Informática e Investigação Operacional da Universidade de Montreal.
- Tabela de distribuição das tarefas:

	15	40
<i>Dong</i>	$S_9, S_{11}, S_{12}, S_{21}, S_{23}, S_{24}$	$S_3, S_5, S_6, S_{15}, S_{17}, S_{18}$
<i>Gamma</i>	$S_6, S_8, S_{10}, S_{18}, S_{20}, S_{22}$	$S_2, S_4, S_{12}, S_{14}, S_{16}, S_{24}$
<i>Schauer</i>	$S_4, S_5, S_7, S_{16}, S_{17}, S_{19}$	$S_1, S_{10}, S_{11}, S_{13}, S_{22}, S_{23}$
<i>UML</i>	$S_1, S_2, S_3, S_{13}, S_{14}, S_{15}$	$S_7, S_8, S_9, S_{19}, S_{20}, S_{21}$

Questões

- A escolha das questões pertinentes é importante para estudos de rastreamento ocular, pois os movimentos oculares são dependentes da natureza da tarefa em mãos;
- Foram escolhidas questões em que o sujeito respondesse em pouco tempo (1 ou 2 minutos) usando apenas a informação dada pelas diferentes representações.

Questões

Table 2 Questions for tasks *composition, participation* and *role*

Pattern composition task

Q1. Mention all design patterns the class `CreationTool` participates in.

Q2. Mention all design patterns the class `AttributeFigure` participates in.

Class participation task

Q3. Mention all classes participating in the Composite design pattern.

Q4. Mention all classes participating in the State design pattern.

Roles played by a class task

Q5. Mention all roles played by the class `AbstractFigure`.

Q6. Mention all roles played by the class `StandardDrawingView`.

Questões utilizadas no experimento

Questões

S1	D15,UML	Q1	Q4	Q6
	D40,Schauer	Q3	Q2	Q5
S2	D15,UML	Q3	Q2	Q5
	D40,Gamma	Q1	Q4	Q6
S3	D15,UML	Q4	Q2	Q5
	D40,Dong	Q6	Q3	Q1
S4	D15,Schauer	Q6	Q1	Q4
	D40,Gamma	Q2	Q5	Q3
S5	D15,Schauer	Q5	Q3	Q2
	D40,Dong	Q4	Q1	Q6
S6	D15,Gamma	Q6	Q1	Q3
	D40,Dong	Q2	Q4	Q5

S7	D40,UML	Q1	Q4	Q6
	D15,Schauer	Q3	Q2	Q5
S8	D40,UML	Q6	Q1	Q3
	D15,Gamma	Q2	Q4	Q5
S9	D40,UML	Q5	Q3	Q2
	D15,Dong	Q4	Q1	Q6
S10	D40,Schauer	Q3	Q2	Q5
	D15,Gamma	Q1	Q4	Q6
S11	D40,Schauer	Q4	Q2	Q5
	D15,Dong	Q6	Q3	Q1
S12	D40,Gamma	Q5	Q3	Q2
	D15,Dong	Q4	Q1	Q6

S13	D15,UML	Q6	Q2	Q4
	D40,Schauer	Q3	Q5	Q1
S14	D15,UML	Q5	Q4	Q2
	D40,Gamma	Q1	Q3	Q6
S15	D15,UML	Q4	Q2	Q5
	D40,Dong	Q3	Q6	Q1
S16	D15,Schauer	Q6	Q1	Q4
	D40,Gamma	Q2	Q5	Q3
S17	D15,Schauer	Q2	Q4	Q6
	D40,Dong	Q5	Q1	Q3
S18	D15,Gamma	Q3	Q6	Q1
	D40,Dong	Q4	Q2	Q5

S19	D40,UML	Q4	Q1	Q6
	D15,Schauer	Q5	Q3	Q2
S20	D40,UML	Q1	Q4	Q6
	D15,Gamma	Q3	Q2	Q5
S21	D40,UML	Q3	Q2	Q5
	D15,Dong	Q6	Q4	Q1
S22	D40,Schauer	Q5	Q1	Q3
	D15,Gamma	Q4	Q6	Q2
S23	D40,Schauer	Q1	Q6	Q3
	D15,Dong	Q4	Q2	Q5
S24	D40,Gamma	Q4	Q1	Q5
	D15,Dong	Q2	Q3	Q6

Distribuição das Questões

Equipamento

- Usaram o sistema EyeLink II de aderência do olhar que tem alta resolução (limite de ruído de $0,01^\circ$) e taxa de dados rápido (500 amostras por segundo);
- Média de erro na precisão do olhar de $<0,5^\circ$.

Procedimentos

- Os estudos foram conduzidos em uma sala silenciosa.
 1. Convite;
 2. Apresentações de explanação do estudo;
 3. Instruções sobre o equipamento e seu uso;
 4. Instalar o voluntário na cadeira especial;
 5. Definições técnicas da execução do estudo (questões);
 6. Calibração do *eye-tracker*;
 7. Apresentação do JHotDraw;
 8. Coleta de dados com tempo limite;
 9. Questionário de auto-avaliação sobre PP e JHotDraw;
 10. Presente simbólico e pedido de sigilo.

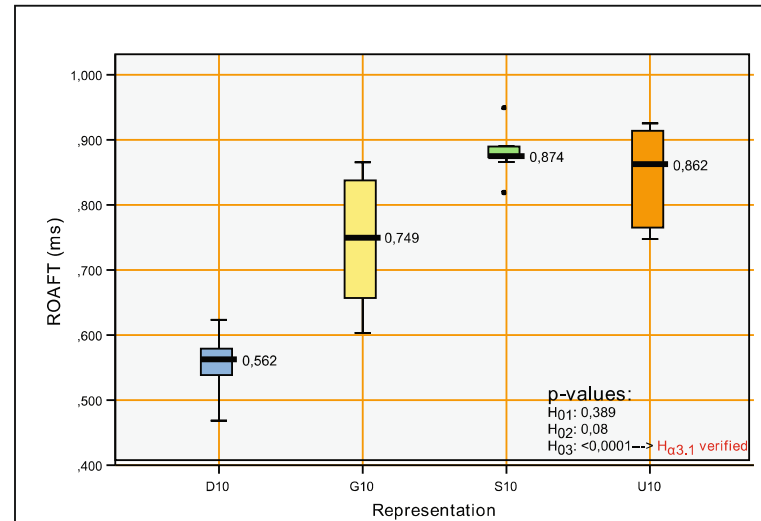
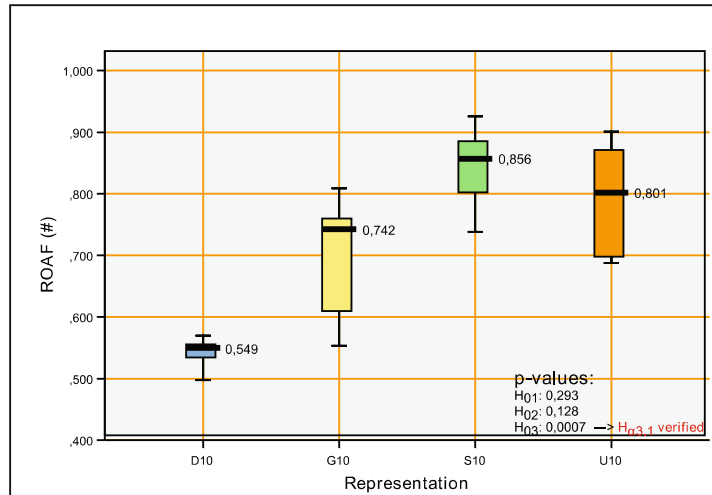
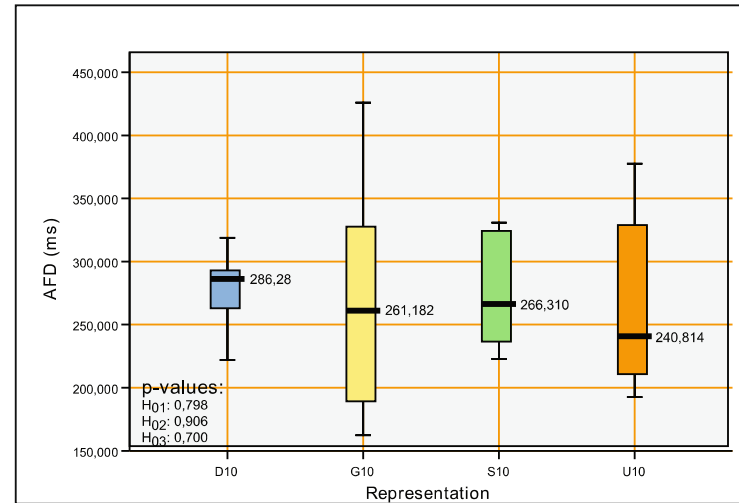
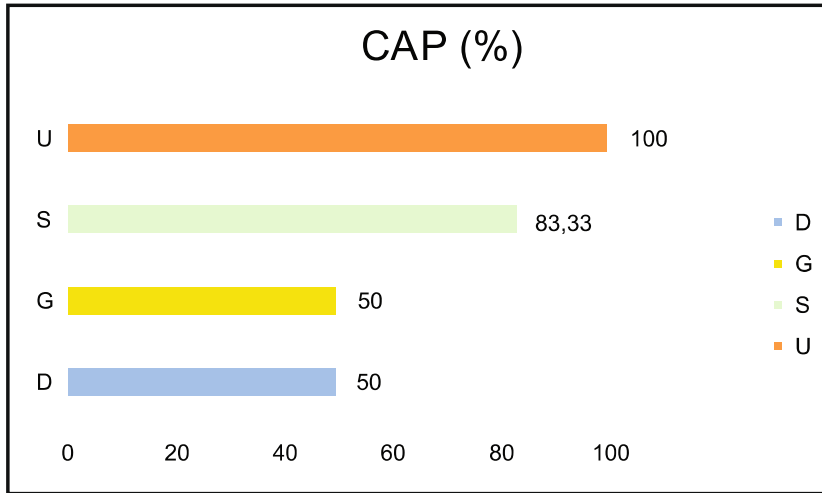
- Student t-Test
 - Dados seguem distribuição normal
 - Amostra pequena

15 classes, Participação

Diagrams	Perf.	Effort measures		
	CAP (%)	AFD (ms)	ROAF (#)	ROAFT (ms)
Dong₁₅	50.00	277.61	0.54	0.55
Gamma₁₅	60.00	270.60	0.70	0.74
Schauer₁₅	83.33	273.85	0.84	0.87
UML₁₅	100.00	264.66	0.79	0.84

Diagrams	P-values		
	AFD (ms)	ROAF (#)	ROAFT (ms)
H_{01} : Dong₁₅ vs. UML₁₅	0.79	0.290	0.380
H_{02} : Gamma₁₅ vs. UML₁₅	0.90	0.120	0.080
H_{03} : Schauer₁₅ vs. UML₁₅	0.70	0.007	<0.001

15 classes, Participação

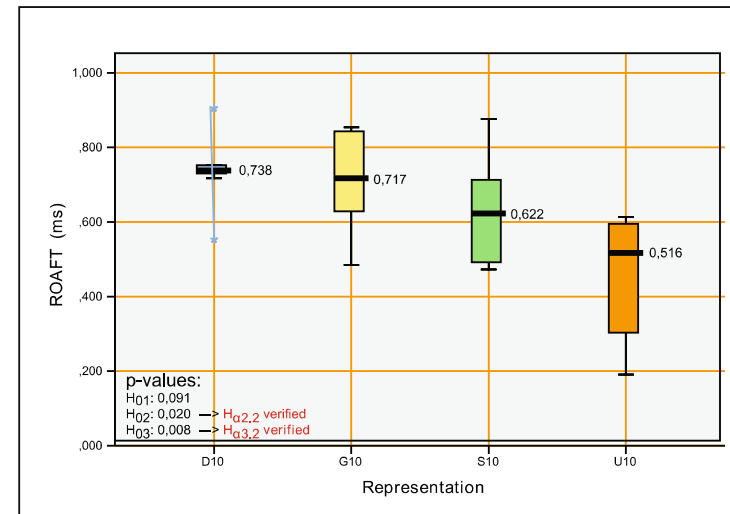
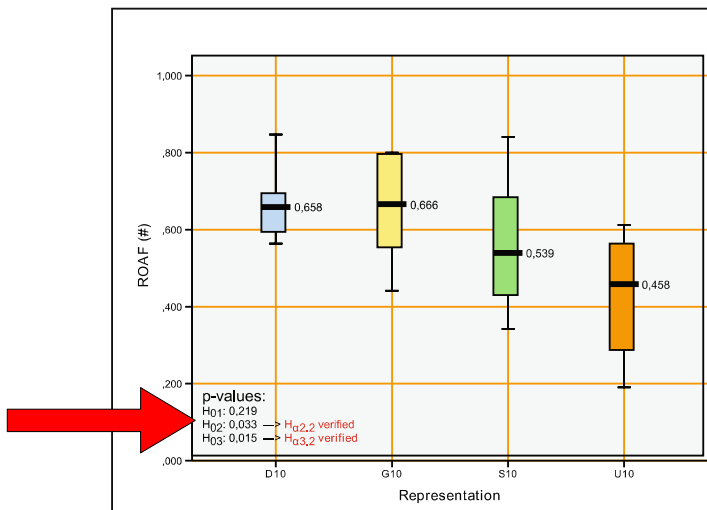
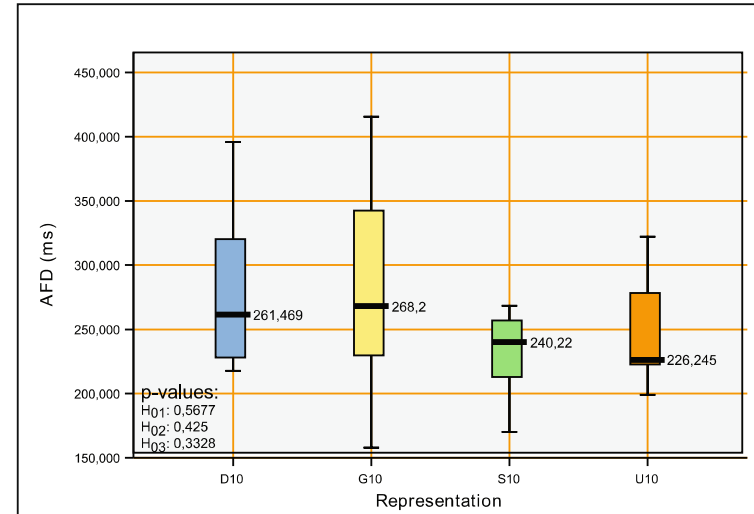
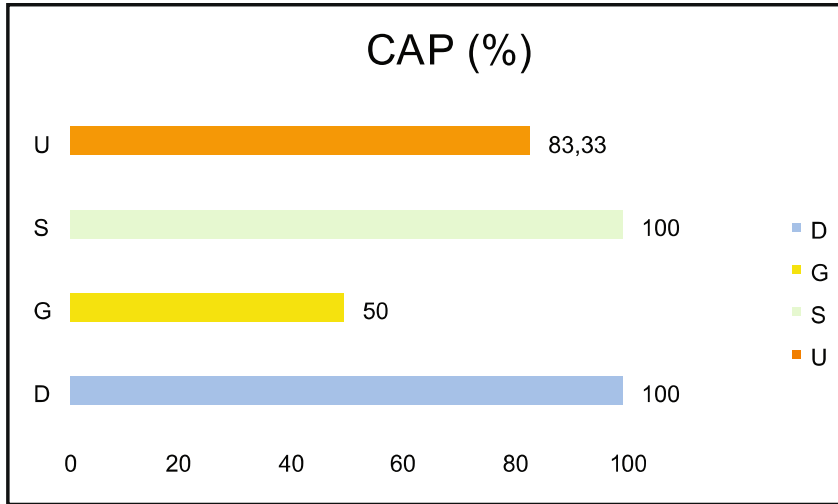


15 classes, Composição

Diagrams	Perf.	Effort measures		
	CAP (%)	AFD (ms)	ROAF (#)	ROAFT (ms)
Dong₁₅	100.00	280.11	0.66	0.73
Gamma₁₅	50.00	279.76	0.65	0.70
Schauer₁₅	100.33	230.84	0.56	0.63
UML₁₅	83.33	245.12	0.42	0.45

Diagrams	P-values		
	AFD (ms)	ROAF (#)	ROAFT (ms)
H_{01} : Dong₁₅ vs. UML₁₅	0.56	0.02	0.090
H_{02} : Gamma₁₅ vs. UML₁₅	0.42	0.03	0.020
H_{03} : Schauer₁₅ vs. UML₁₅	0.33	0.01	0.008

15 classes, Composição

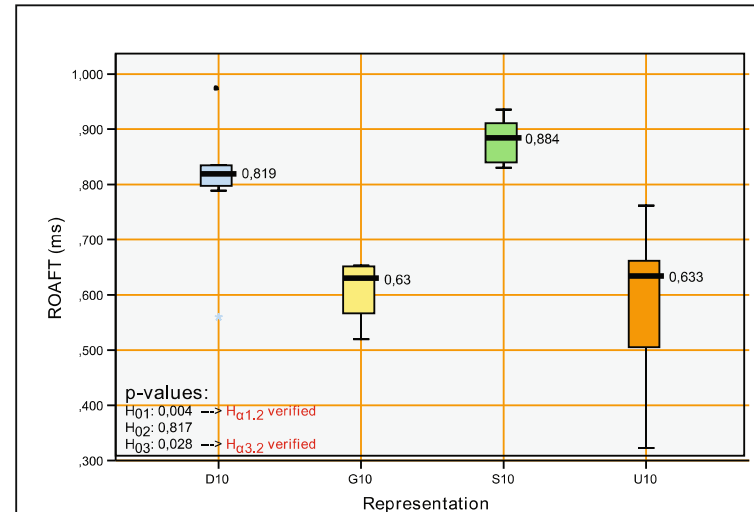
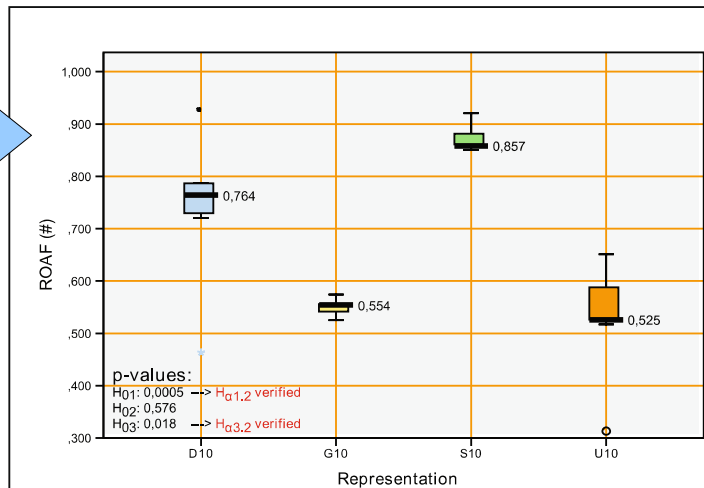
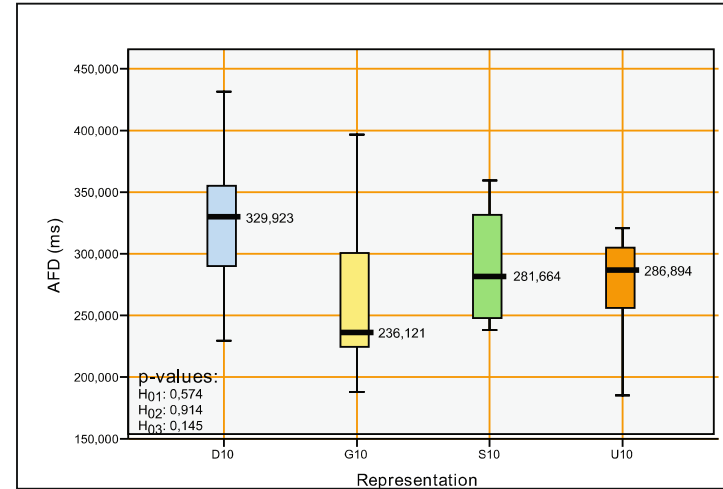
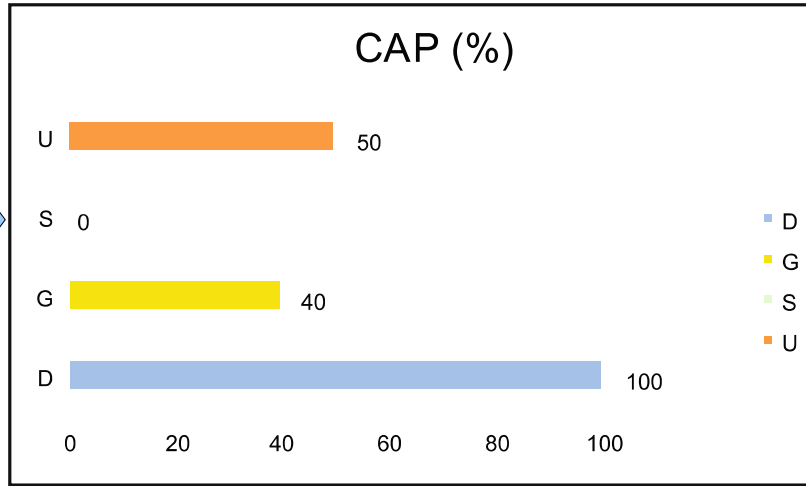


15 classes, Papel

Diagrams	Perf.	Effort measures		
	CAP (%)	AFD (ms)	ROAF (#)	ROAFT (ms)
Dong₁₅	100	327.06	0.73	0.79
Gamma₁₅	40	268.43	0.54	0.60
Schauer₁₅	0	289.36	0.87	0.87
UML₁₅	50	272.85	0.52	0.58

Diagrams	P-values		
	AFD (ms)	ROAF (#)	ROAFT (ms)
H_{01} : Dong₁₅ vs. UML₁₅	0.57	0.005	0.004
H_{02} : Gamma₁₅ vs. UML₁₅	0.91	0.570	0.810
H_{03} : Schauer₁₅ vs. UML₁₅	0.14	0.010	0.020

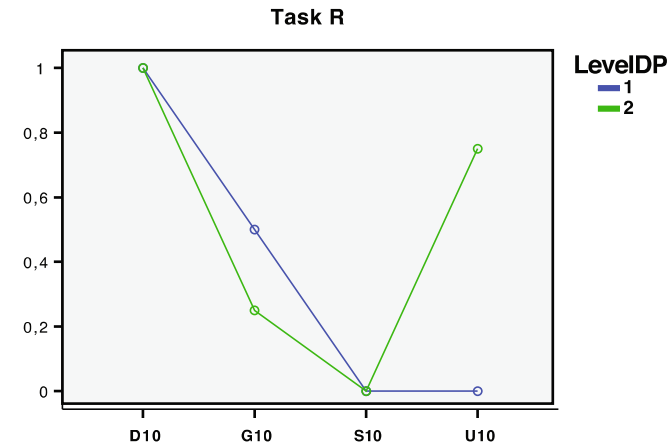
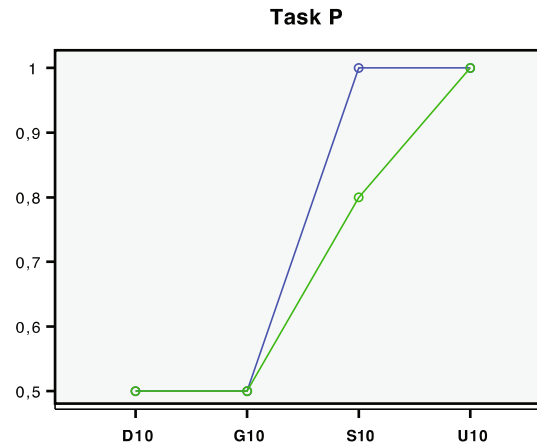
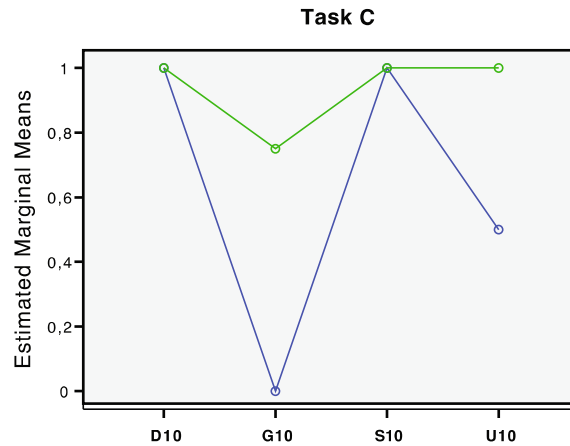
15 classes, Papel



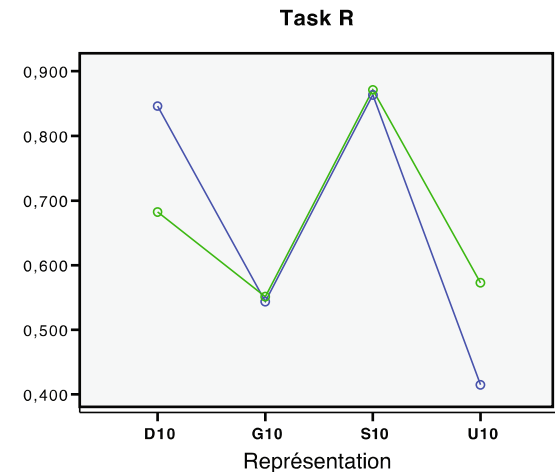
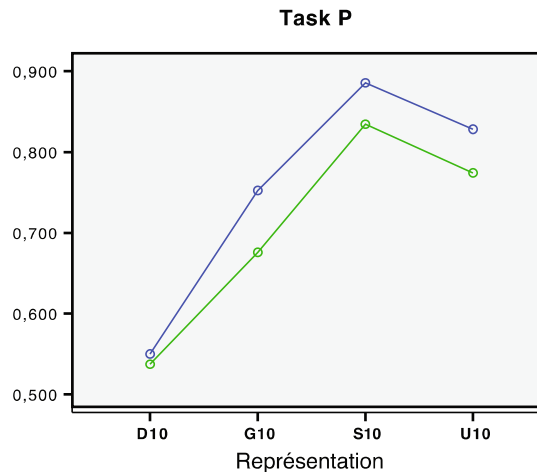
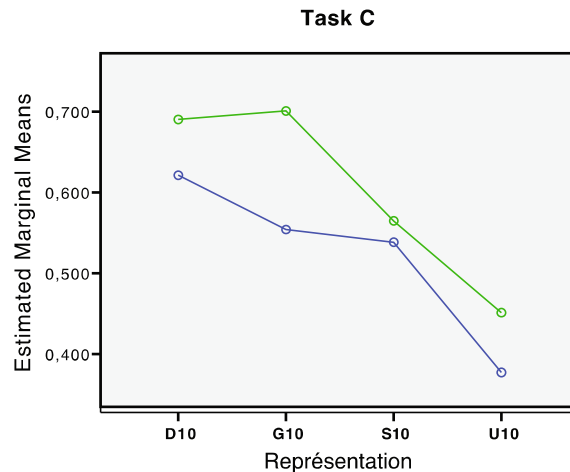
- Participação:
 - Melhor performance de UML
 - Maior esforço com Dong
- Composição:
 - Alta performance para todas as representações
 - Menor esforço com Dong
- Papel:
 - Melhor performance de Dong
 - Menor esforço com Dong

Impacto: conhecimento de padrões

Estimated Marginal Means of Answers



Estimated Marginal Means of RFOA



Impacto: conhecimento de padrões

- 2-way ANOVA
 - Impacto na corretitude em Composição

	Answers (C)	ROAF (C)	Answers (P)	ROAF (P)	Answers (R)	ROAF (R)
DP knowledge	0.02	0.31	0.82	0.21	0.45	0.95
Combined	0.13	0.95	0.98	0.93	0.15	0.06

40 classes

- Resultados parecidos com o teste com 15 classes
- Nenhuma outra conclusão
 - Alta densidade de classes
 - Dificuldade de leitura

Validade Interna

- **Maturação**
 - Tutorial de representações e tarefas
 - Alteração da ordem de apresentação para os candidatos
- **Instrumentação: uso do equipamento**
 - Cadeira de dentista
 - Travesseiro de viagem
 - Correção dos movimentos da cabeça
- **Difusão**
 - Foi pedido que os voluntários não discutissem o experimento

Validade de Construção

- Viés de operação única: apenas JHotDraw
 - Risco aceito para não aumentar complexidade
- Viés de método único
 - Quatro medidas diferentes, *cross-checking*
- Adivinhação de hipótese
 - Objetivo do estudo não foi revelado
- Apreensão
 - Informação detalhada sobre rastreador ocular
 - Anonimidade dos dados
 - Sessões em tempo definido

Validade Externa

- Interação entre seleção e tratamento
 - Estudantes de graduação
 - Bom conhecimento de UML
 - Conhecimento comparável ao de profissionais
- Interação entre ambiente e tratamento
 - JHotDraw: uso extensivo de padrões de projeto
 - 4 padrões diferentes por diagrama
 - Densidade de participação por classe: 2
 - 15 e 40 classes

Conclusões

- Dong:
 - Riqueza semântica
 - Mais eficiente em Composição e Papel
 - Menos eficiente em Participação

Dúvidas?

