

# The use of Pair Programming to Support Introductory Programming Teaching: A Qualitative Study

Thamires Alves Neves de Oliveira  
Federal University of Paraíba-UFPB  
Rio Tinto-PB, Brazil  
thamires.oliveira@dcx.ufpb.br

Ayla Dantas Rebouças  
Federal University of Paraíba-UFPB  
Rio Tinto-PB, Brazil  
ayla@dcx.ufpb.br

**Abstract**—*The use of new practices aimed at assisting in the teaching-learning process of programming is a topic widely discussed by professionals in the area. In the midst of this, this paper proposes the use of Pair Programming to support the introductory programming learning and presents the positive and negative aspects according to the literature and also through qualitative data obtained in the use of this practice in a Brazilian instructional context. These data were the result of direct observations, and the application of an online form and interviews. After a thematic analysis of this data, we have observed positive aspects such as the development of the ability to work as a team and to improve the interaction and communication between students. Some negative aspects were also observed, such as divergences between the members of the pair on how to code, and the delay that may occur if the pair members do not have much affinity or the same level of knowledge.*

**Keywords**—*pair programming, introductory programming teaching and learning, qualitative research.*

## I. INTRODUÇÃO

As disciplinas introdutórias de programação exigem dos alunos o raciocínio lógico, a abstração e a habilidade de resolver problemas utilizando ferramentas tecnológicas com as quais muitos alunos não tiveram contato anteriormente. Buscando resolver as atividades propostas nas disciplinas, os alunos realizam várias tentativas, muitas vezes frustradas. Essas tentativas podem levar o aluno à desistência ou reprovação na disciplina. Em várias universidades, os índices de reprovação e abandono nas disciplinas introdutórias desta área são bem elevados. Por exemplo, na UFPB-Campus IV, nos últimos quatro períodos letivos, os percentuais de reprovação e abandono da disciplina de Introdução à Programação foram de 49,6%, 47,83%, 68% e 58%. Índices altos são também encontrados na segunda disciplina de programação (Linguagem de Programação), que registrou percentuais de 39,22%, 47,67%, 53,5% e 52,6%.

Em meio a isso, torna-se imprescindível a utilização de novas práticas para apoiar o processo de ensino-aprendizagem de programação, como *Pair Programming* (PP), ou programação em par. PP é uma técnica por meio da qual os desenvolvedores realizam suas atividades em pares, estando um no controle do mouse e do teclado e outro acompanhando e revisando os códigos que vão sendo produzidos [1]. Conforme destacado por Alves et. al. [2], este trabalho em equipe auxilia no trabalho cooperativo, possibilita o auxílio mútuo entre os alunos e promove a aprendizagem de todos e a entrega das atividades.

Diante deste contexto, este trabalho tem o objetivo principal de analisar os aspectos positivos e negativos do uso da prática de PP no processo de ensino-aprendizagem de

disciplinas introdutórias de programação. Para isto, propôs-se neste trabalho a realização de uma revisão de caráter sistemático e de um estudo de caso de caráter exploratório em um contexto instrucional brasileiro, aliado à observação direta e à análise temática de dados obtidos através de um formulário online e entrevistas quanto aos pontos positivos e negativos do uso de PP. Acredita-se que reportar tais resultados pode auxiliar vários professores interessados em explorar novas técnicas para apoiar o ensino-aprendizagem de programação a terem uma ideia melhor sobre os benefícios e possíveis desafios ou dificuldades ao explorar a programação em pares.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

Programação envolve um conjunto de técnicas, princípios e padrões que têm como objetivo o desenvolvimento de softwares confiáveis e de qualidade [3]. Aprender programação pode ser difícil, cansativo e frustrante, o que pode elevar as taxas de abandono e reprovação dos alunos nas disciplinas que envolvem esta área [4].

O ensino de programação vai além de lecionar apenas a linguagem. Pereira Junior et al. [5] afirmam que “este ensino envolve sobretudo entender problemas e descrever formas de resolução de maneira imparcial, para que então sejam codificadas em uma linguagem de programação.” Para desenvolver atividades de programação, uma possibilidade proposta pela literatura é o uso de *Pair Programming*, uma das práticas de Extreme Programming (XP) [6].

*Pair Programming* ou Programação Colaborativa, como denominada por Cockburn e Williams [7], é uma prática em que dois programadores desenvolvem colaborativamente utilizando apenas um computador, em que um atua controlando o mouse e o teclado (*driver*) enquanto o outro (*observer ou navigator*) examina e revisa o código, busca por alternativas e recursos e levanta questionamentos, prevenindo erros de lógica e de sintaxe [8]. Neste contexto, os programadores devem inverter os papéis, o que promove a colaboração, interação e a aprendizagem [9].

Em sua pesquisa, Beck [10] apud Salge e Berente [11] apontam alguns argumentos relacionados à qualidade, ao aprendizado e a duração do trabalho de codificação durante o uso de PP. O autor afirma que é mais provável que duas pessoas solucionem um problema mais rápido do que uma pessoa sozinha e que dois programadores trabalhando em conjunto aprendem mais um com o outro do que apenas sozinhos. Além disso, ele afirma também que é mais produtivo ter dois desenvolvedores programando juntos do que separados para facilitar integração.

Embora a prática de PP seja conhecida na literatura internacional como uma ferramenta eficaz no processo de ensino-aprendizagem de programação, ainda não são encontrados muitos artigos nacionais que abordem a utilização desta técnica em contextos instrucionais brasileiros. Realizando uma busca pelo Google Acadêmico e no br-ie.org, utilizando as chaves “Programação em Par”, “Programação em Par no Ensino” ou “*Pair Programming* no Ensino”, poucos são os trabalhos encontrados relacionados à utilização desta prática com a finalidade supracitada, como a pesquisa de Borges et. al [12] que apresenta o RemotePP, uma plataforma que viabiliza a programação em pares distribuída e a pesquisa de Estácio e Prikladnicki [13], que descreve uma base conceitual de Programação em Par Distribuída no ensino, além de apresentar lições que foram aprendidas no decorrer dos estudos realizados na área.

### III. METODOLOGIA

Este trabalho consistiu de uma revisão da literatura de caráter sistemático e de um estudo de caso de caráter exploratório. De acordo com Yin [14] um estudo de caso “investiga um fenômeno contemporâneo (o caso) em seu contexto no mundo real, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto puderem não estar claramente evidentes.”

O presente trabalho iniciou-se através de uma revisão da literatura de caráter sistemático objetivando compreender as dificuldades encontradas em relação ao processo de aprendizagem introdutório de programação, estudar e analisar os aspectos positivos e negativos a respeito do uso de *Pair Programming*, além de selecionar trabalhos que se relacionam com este problema de pesquisa. Posteriormente, foi planejado e executado um estudo de caso com alunos da UFPB visando observar o comportamento dos alunos diante das atividades realizadas com o uso de PP em sala de aula e aspectos positivos e negativos deste uso, foi proposta neste trabalho a realização de observações diretas [15].

Além disso, foram coletados dados dos alunos com relação à experiência obtida com o uso de PP a partir de um formulário online aplicado com os alunos da disciplina após a realização de algumas atividades utilizando PP. Além disso, também foram realizadas algumas entrevistas semiestruturadas [16]. As principais questões do formulário aplicado com os alunos que foram utilizadas nesta pesquisa estão apresentadas no Apêndice disponível online<sup>1</sup>, bem como as questões utilizadas no roteiro da entrevista.

O estudo foi realizado com duas turmas da disciplina Linguagem de Programação, ministrada durante o 2º período dos cursos de Licenciatura em Ciência da Computação (LCC) e Bacharelado em Sistemas de Informação (BSI) da UFPB. As aulas têm como objetivo trabalhar os recursos e sintaxe da linguagem Java por meio de exercícios, de forma que ao final os alunos sejam capazes de implementar sistemas simples.

Durante o semestre de 2017.2, período durante o qual foi realizada esta pesquisa, estavam matriculados 66 alunos na

disciplina, sendo 36 na turma ofertada ao curso de LCC e 30 na turma ofertada ao curso de SI. A utilização da prática foi observada de forma sistemática em 2 das 12 atividades práticas realizadas. Durante as atividades propostas, a prática era utilizada apenas pelos alunos que se sentissem à vontade com a utilização desta técnica, mas se estimulava fortemente que ela fosse utilizada. As observações foram realizadas nas duas atividades práticas realizadas em papel e seguindo o estilo das duas primeiras avaliações da disciplina, mas é importante destacar que em outras atividades realizadas vários alunos vivenciaram a prática também utilizando seu estilo tradicional com o uso do computador. Ao avaliarem a prática pelo formulário ou pelas entrevistas eles consideraram os dois estilos.

No decorrer das aulas, foram observadas 8 duplas na turma de LCC e 7 da turma de SI. A prática de PP foi adaptada para que o papel representasse o computador e a caneta representasse o teclado. Foram considerados aspectos como a segurança demonstrada pelos alunos ao realizarem as atividades, a forma como cada aluno realizava o papel do *driver* e o do *observer*, se os alunos estavam consultando materiais para realização das atividades, se conseguiram concluir a atividade proposta, além de observações gerais. A ficha de observação encontra-se em: <https://goo.gl/7kLv3B>.

Como forma de analisar os dados coletados por meio do formulário respondido por 31 alunos e das entrevistas realizadas com 7 alunos que voluntariamente se disponibilizaram, decidiu-se utilizar a análise temática (AT) descrita por Clarke e Braun [17]. A análise temática é dividida em seis fases que compreendem desde a familiarização com os dados, até a escrita dos resultados obtidos através da análise dos dados. A AT foi realizada a partir das respostas ao formulário e às entrevistas que tinham o objetivo de levantar os aspectos positivos e negativos da utilização da prática de PP.

### IV. PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO USO DE PAIR PROGRAMMING SEGUNDO A LITERATURA

Para realizar um levantamento acerca dos pontos positivos e negativos da utilização da prática de PP no processo de aprendizagem introdutório de programação segundo a literatura, foram utilizadas as chaves de busca “*Pair Programming*” e “*Teaching*” nas bibliotecas digitais ACM DL<sup>2</sup> e IEEE<sup>3</sup>. Com base nos trabalhos retornados, foram selecionados 6 trabalhos que apresentavam aspectos positivos e negativos da utilização de PP, onde foram identificados os pontos expostos nas Tabelas I e II.

TABELA I. PONTOS POSITIVOS DO USO DE PP DE ACORDO COM A LITERATURA

| <i>Id</i> | <i>Ponto Positivo</i>                                | <i>Fontes</i>         |
|-----------|--|-----------------------|
| PP01      | Desenvolvimento da habilidade do trabalho em equipe. | [13] [7]<br>[11] [18] |
| PP02      | Permite maior interação entre os alunos.             | [13] [7]<br>[11] [18] |
| PP03      | Permite maior cooperação entre os alunos.            | [7] [11]<br>[18]      |

<sup>1</sup>[https://www.dropbox.com/s/nmc621iy510su23/artigoLaclo2018\\_apendi ces.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/nmc621iy510su23/artigoLaclo2018_apendi ces.pdf?dl=0)

<sup>2</sup>dl.acm.org

<sup>3</sup>ieeexplore.ieee.org

|      |   |                  |
|------|---|------------------|
| PP04 | Possibilita o compartilhamento de conhecimentos.  | [7] [11]<br>[18] |
| PP05 | É uma prática cuja aceitação é geralmente positiva por parte dos alunos.                            | [13]             |
| PP06 | Aumenta a confiança dos alunos ao resolver as atividades.   | [13]             |
| PP07 | É uma maneira eficaz de aprender.   | [13]             |
| PP08 | É mais agradável trabalhar em par do que sozinho.   | [18] [7]         |
| PP09 | Desenvolvedores podem executar tarefas que são muito desafiadoras para uma pessoa realizar sozinho. | [19] [7]         |
| PP10 | Um grande número de erros pode ser prevenido desde o início.  | [19] [7]         |
| PP11 | Aumento no número de aprovação em disciplinas de programação.                                       | [18]             |
| PP12 | Diminuição nos índices de retenção com o uso da técnica.  | [18]             |
| PP13 | Os programas são desenvolvidos com um nível de qualidade mais elevado.                              | [18]             |

TABELA II. PONTOS NEGATIVOS DO USO DE PP DE ACORDO COM A LITERATURA

| <i>Id</i> | <i>Ponto Negativo</i>  | <i>Fontes</i> |
|-----------|--|---------------|
| PN01      | Conflitos pelas divergências entre os membros da dupla sobre a forma de codificar.   | [13]          |
| PN02      | Esta prática requer uma maior comunicação, não requerida quando se trabalha sozinho.   | [13]          |
| PN03      | Programador é um recurso escasso e alguns enxergam como perda de tempo duplicar o número de pessoas para desenvolver o mesmo pedaço de código. | [7]           |
| PN04      | Codificar com outra pessoa pode atrasar o trabalho.  | [7]           |
| PN05      | Dificuldade em coordenar horários de trabalho.   | [7]           |

#### V. PONTOS POSITIVOS IDENTIFICADOS PELA ANÁLISE TEMÁTICA E OBSERVAÇÃO DIRETA

Ao longo da análise dos dados obtidos durante a realização das observações diretas, destacaram-se como aspectos positivos a aceitação de grande parte dos alunos na utilização dessa prática, demonstrada pelos relatos de interesse em utilizá-la novamente (PP05), o companheirismo demonstrado nas discussões sobre como codificar, além de se perceber a entrega das atividades por todas as duplas, o que de acordo com o relatado pela professora da disciplina durante as observações não ocorria com frequência (relacionado ao PP09). Além disso, foi possível observar também que os alunos conversavam e solucionavam mais dúvidas entre si do que consultavam materiais (PP04).

Tendo como base a análise temática realizada com os dados obtidos por meio das entrevistas e do formulário aplicado com os alunos, foi possível perceber que alguns dos pontos positivos encontrados durante a revisão, também foram observados durante a análise temática. Esses aspectos dizem respeito principalmente ao aumento da interação (PP02) entre os alunos da disciplina, à possibilidade de compartilhar conhecimentos (PP04) e à cooperação entre os alunos (PP03). Outro ponto positivo em comum entre a AT e

a revisão foi o desenvolvimento da habilidade de trabalhar em equipe (PP01).

Outros pontos positivos encontrados tanto na AT quanto na revisão foram a possibilidade de correção e prevenção de erros (PP10), além do aumento da confiança quanto à resolução das atividades (PP06) e acharem que é mais divertido trabalhar em par do que sozinho (PP09). Além destes, também foi possível perceber novos aspectos positivos no decorrer da AT em relação ao uso de PP na aprendizagem introdutória de programação, que estão apresentados na Tabela III.

TABELA III. PONTOS POSITIVOS DO USO DE PP DE ACORDO COM A ANÁLISE TEMÁTICA

| <i>Id</i> | <i>Ponto Positivo</i>  |
|-----------|--|
| PP14      | Os alunos realizam as atividades mais rápido.  |
| PP15      | Permite aos alunos raciocinar juntos para resolver as atividades podendo ter ideias que se complementam. |
| PP16      | Proporciona a resolução de dúvidas entre os membros do par.  |
| PP17      | Aumenta o rendimento dos alunos nas atividades.  |
| PP18      | Permite maior socialização.  |

#### VI. PONTOS NEGATIVOS IDENTIFICADOS PELA ANÁLISE TEMÁTICA E OBSERVAÇÃO DIRETA

Embora se tenha observado a grande maioria da turma teve uma aceitação positiva em relação à prática de PP, alguns alunos, devido a experiências negativas em grupo realizadas anteriormente, não aceitavam bem a prática, o que ocasionou a não cooperação entre o par. Em alguns casos percebeu-se que um aluno da dupla acabava fazendo todo o trabalho sozinho, ou acontecia do par fazer o trabalho em conjunto, mas entregar a atividade separadamente, afetando negativamente os princípios da prática, que enfatiza que os desenvolvedores devem trabalhar em conjunto no mesmo código e onde apenas um deveria estar diretamente editando o código. Além disso, outro aspecto negativo observado foi a falta de interesse de alguns alunos na atividade proposta, que acabava contribuindo para que o par além de realizar toda a atividade sozinho, perdesse o interesse pelo uso de PP.

Levando em consideração os pontos negativos identificados na literatura, percebeu-se que alguns também foram encontrados na AT. Estes pontos estão relacionados a divergências entre os membros da dupla sobre a forma de codificar (PN01) e em relação ao atraso que pode acontecer ao codificar em par (PN05). Além destes, novos aspectos negativos foram percebidos, que estão descritos na Tabela IV. Os exemplos de discursos onde foram identificados os pontos negativos e positivos identificados na AT estão detalhados no documento de Apêndice online<sup>4</sup>.

TABELA IV. PONTOS NEGATIVOS DO USO DE PP DE ACORDO COM A ANÁLISE TEMÁTICA

| <i>Id</i> | <i>Ponto Negativo</i>  |
|-----------|--|
| PN06      | Alguns alunos não levam em conta as contribuições de seu par ou não interagem. |
| PN07      | Dificuldade em acompanhar o raciocínio do par.                                 |

<sup>4</sup>[https://www.dropbox.com/s/nmc621iy510su23/artigoLacl02018\\_apendices.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/nmc621iy510su23/artigoLacl02018_apendices.pdf?dl=0)

|      |  |
|------|--|
| PN08 | Dificuldade em acompanhar o ritmo de desenvolvimento do par.   |
| PN09 | Caso uma pessoa do par seja desinteressado, o outro fará todo o trabalho sozinho, ficando sobrecarregado com a atividade.        |
| PN10 | Quando não há afinidade entre o par, a interação e resolução da atividade podem ficar comprometidas.                             |
| PN11 | O nível de conhecimento diferente entre os membros pode causar sensação de diminuição na eficiência na realização de atividades. |

## VII. ANÁLISE SOBRE FORMAS DE USAR PP E SOBRE A ACEITAÇÃO DA PRÁTICA PELOS ALUNOS

Levando-se em consideração as respostas às questões do formulário, constatou-se que a maioria dos alunos (64,5%) prefere escolher a dupla com a qual vai trabalhar, mas consideraram que a troca constante de duplas foi positiva, uma vez que promove a troca de conhecimentos. Além disso, constatou-se também que consideraram importante a alternância entre as funções de *driver* e *observer*, pois segundo eles, isso promove a aprendizagem de ambos.

Analisando os dados das entrevistas foi evidenciado que a utilização dessa prática foi considerada bastante positiva, principalmente porque possibilita as soluções de dúvidas entre o par e o compartilhamento de ideias e de conhecimentos, além de promover aumento no rendimento nas atividades. Apenas um dos alunos entrevistados se disse contrário à utilização dela nos próximos períodos, argumentando que experiências anteriores ruins o levaram a essa opinião. Em contrapartida, os outros 6 alunos ressaltaram a importância da prática, principalmente quando a professora rearranjou os alunos para que os que se sentem mais confiantes façam os pares com os alunos que estão menos confiantes no conteúdo abordado na atividade. Alguns discentes ressaltaram também a importância de alocar alunos que tenham o mesmo interesse na disciplina, posto que o nível de interesse dos alunos influencia no esforço dado à atividade. Além disso, foi possível observar que os alunos desempenharam um papel bastante efetivo na aprendizagem uns dos outros e que se estimulou a colaboração.

## VIII. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa mostrou que o nível de aceitação da prática foi bastante satisfatório por parte dos alunos, que relataram que ela permite a interação, troca de conhecimentos e a possibilidade de tirar dúvidas com o par. Como aspectos negativos, foram elencados os problemas resultantes da falta de afinidade entre os membros e das divergências na hora de codificar. Alguns aspectos positivos e negativos elencados na revisão da literatura foram confirmados no estudo realizado, mas novos pontos positivos e negativos puderam também ser identificados. Percebeu-se, assim, que a prática PP é bastante positiva para o ensino introdutório de programação, uma vez que promove a interação e socialização entre os alunos, além de contribuir com a aprendizagem. Por outro lado, é preciso realizar uma observação das turmas antes de separar os pares, para evitar incompatibilidades entre os membros da dupla.

Como trabalhos futuros, propõe-se o levantamento de dados quantitativos acerca do desempenho dos alunos nas provas e a investigação de formas de mitigar os problemas percebidos durante a pesquisa, além de analisar também a qualidade do código produzido e reunir dados sobre o tempo demandado pelos alunos para resolver questões.

## REFERÊNCIAS

- [1] William, L., & Upchurch, R. L. (2001) "In support of student pair-programming". Proceedings of the 32nd SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, 1-58113-329-4, 327-331, Charlotte, NC.
- [2] Alves, F. V. M.; Ibiapina, I. M. S.; Lira, W. A. L.; Neto, P. A. S. (2017) "CoDiVission: Uma Ferramenta para Apoio na Avaliação de Estudantes no Ensino de Programação". In Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.
- [3] Santos, R. P.; Costa, H. A. X. (2005) "TBC-AED e TBC-AED/WEB: Um Desafio no Ensino de Algoritmos, Estruturas de Dados e Programação." In: IV WEIMIG - Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais, Varginha/MG.
- [4] Scaico, P. D.; Queiroz, R. J. G. B.; Dias Junior, J. J. L. M. (2017) "Analyzing How Interest in Learning Programming Changes During a CS0 Course: A Qualitative Study with Brazilian Undergraduates". In: Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '17). Bologna, Italy. p. 16-21.
- [5] Pereira Júnior, J.; Rapkiewicz, C.E.; Delgado, C.; Xexeo, J.A.M. (2005) "Ensino de Algoritmos e Programação: Uma Experiência no Nível Médio". XIII Workshop de Educação em Computação (WEI'2005). São Leopoldo, RS, Brasil.
- [6] Sommerville, I. (2011) "Engenharia de Software". Tradução Ivan Bosnic e Kalinka G. de O. Gonçalves; Revisão técnica Kechi Hirama. 9ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- [7] Cockburn A.; Williams, L. (2001) "The Costs and Benefits of Pair Programming," In Extreme Programming Examined, Addison Wesley-Longman.
- [8] William, L., & Upchurch, R. L. (2001) "In support of student pair-programming". Proceedings of the 32nd SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, 1-58113-329-4, 327-331, Charlotte, NC.
- [9] Estácio, B.; Valentim, N.; Rivero, L.; Conte, T.; Prikladnicki, R. (2015) "Evaluating the Use of Pair Programming and Coding Dojo in Teaching Mockups Development: An Empirical Study". In Proceedings of the 48th Hawaii International Conference on System Sciences.
- [10] Beck, K. 1999. Extreme programming explained: embrace change. Kent Beck., Reading, MA: Addison-Wesley, 2000.
- [11] Salge, C. A. L.; Berente, N. (2016) "Pair Programming vs. Solo Programming: What Do We Know After 15 Years of Research?". Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences. p. 5397 - 5406.
- [12] Borges, R. M.; Pinto, S. C. C. S.; Barbosa, J. L. V.; Barbosa, D. N. F. (2007) "Usando o modelo 3C de colaboração e Vygotsky no ensino de programação distribuída em pares". In: 18º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, São Paulo, Brasil.
- [13] da Silva Estácio, B. J., & Prikladnicki, R. (2013) "A utilização da Programação em Par Distribuída no ensino de programação."
- [14] Yin, K. R. (2015) "Estudo de Caso: planejamento e métodos". Tradução de Cristhian Matheus Herrera. 5ª ed. Editora Bookman.
- [15] Rocha, A. L. C. D.; Eckert, C. (2008) Etnografia: saberes e práticas. Iluminuras: série de publicações eletrônicas do Banco de Imagens e Efeitos Visuais, LAS, PPGAS, IFCH e ILEA, UFRGS. Porto Alegre. v. 9 n. 21.
- [16] Boni, V., & Quaresma, S. J. (2005). "Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais". Em Tese, v. 2, n. 1, p. 68-80.
- [17] Clarke, V.; Braun, V. (2013) "Teaching thematic analysis: Overcoming challenges and developing strategies for effective learning". The Psychologist, v. 26, n.2. p. 120-123.
- [18] McDowell, C.; Hanks, B.; Werner, L. (2003) "Experimenting with pair programming in the classroom". Proceedings of the 8th annual conference on Innovation and technology in computer science education. Thessaloniki, Greece. p. 60-64.
- [19] Williams, L., Kessler, R. R., Cunningham, W., & Jeffries, R. (2000) "Strengthening the case for pair programming". IEEE software, vol. 17, n. 4, p. 19-25.