

## Avaliação de uma Estratégia para Garantir Coerência de Cache e Percepção em Sistemas Cooperativos com Apoio à Mobilidade

Richard Borges<sup>1</sup>, Carla Diacui Medeiros Berkenbrock<sup>1</sup>, Gian Ricardo Berkenbrock<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC  
Departamento de Ciência da Computação  
Joinville – SC – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Campus Joinville Centro de Engenharia da Mobilidade  
Joinville – SC – Brasil

richard.borges.cc@gmail.com, diacui@joinville.udesc.br, gian.rb@ufsc.br

**Abstract.** *The use of mobile devices in groupware systems enhances the communication among participants. However, one must consider the constraints of mobile devices. An important constraint is the number of disconnections that can occur in mobile environments. The use of cache allows a continuous use of the system in case of disconnections, so the user can change the data without being connected to the network. However, when data are shared, it is necessary that they be available to all members of the shared group. In order to validate the data from one participant, it is necessary that it be consistent with the provider of such data. The strategy Cache Coherence Scheme for Mobile Cooperative Work (CCS-MoCW) allows that shared data can be accessed from multiple locations. In this work, the CCS-MoCW strategy will be evaluated using the 3C collaboration model. The case study of a collaborative game demonstrates the results addressed by the CCS-MoCW strategy and the feedback from participants.*

**Resumo.** *A utilização de dispositivos móveis para sistemas de groupware facilita a comunicação dos participantes. Porém, deve-se estar atento às limitações apresentadas por esses dispositivos. Uma das principais limitações é o número de desconexões que esse tipo de dispositivo sofre. A utilização de cache contribui para o uso do sistema quando ocorrem desconexões, assim o usuário poderá alterar os dados sem estar ativo no sistema. Porém, quando os dados são compartilhados é necessário que eles sejam válidos para todos os participantes do grupo de compartilhamento. Para isso, é necessário que os dados estejam coerentes. A estratégia Cache Coherence Scheme for Mobile Cooperative Work (CCS-MoCW) permite que dados compartilhados possam ser acessados de vários lugares. Neste trabalho, a estratégia CCS-MoCW é avaliada utilizando um método de avaliação baseado no modelo 3C de colaboração. O estudo de caso com um jogo colaborativo demonstra os resultados obtidos pela estratégia, bem como a opinião dos participantes.*

## 1. Introdução

A maior utilização de dispositivos móveis em conjunto com as novas formas de conexão permite a inserção de novos cenários de colaboração. Assim, a popularização destes dispositivos pode trazer vantagens para as atividades realizadas em grupos, fortalecendo o conceito de *groupware*. Os sistemas de *groupware* podem ser definidos como sistemas baseados em computador que suportam grupos de pessoas interagindo em uma tarefa comum e que fornecem uma interface para um ambiente compartilhado [Ellis et al. 1991].

A ideia de *groupware* é derivada do conceito de trabalho cooperativo apoiado por computador, em inglês, *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW). A inserção de mobilidade nesses sistemas torna-se importante para possibilitar a continuidade das atividades dos membros de uma equipe que não estejam localizados em suas mesas individuais. Dessa forma, o termo *groupware* móvel, ou *mobile groupware system*, é utilizado para definir os sistemas colaborativos que fazem uso de dispositivos móveis.

Devido às limitações presentes em dispositivos portáteis, um *groupware* móvel deve ser tratado de modo diferente dos sistemas colaborativos convencionais. Por exemplo, a carga limitada de energia dos dispositivos móveis pode ocasionar desconexões. Conforme o usuário se desloca ele precisará trocar de provedores de serviços, sendo assim, o alcance da rede sem fio também pode ser motivo de desconexões. Além disso, as redes sem fio normalmente são mais lentas que as redes cabeadas. Assim, não é interessante que o dispositivo dependa de grandes taxas de *download*. Uma forma de lidar com essas restrições é através do uso de réplica dos dados armazenados localmente (cache) no dispositivo.

A utilização da cache é uma forma eficiente de economizar energia, reduzir o retardo de acesso, salvar largura de banda e melhorar o desempenho do sistema [Berkenbrock 2009]. Contudo, a utilização do serviço de armazenamento local dos dispositivos móveis, traz consigo o problema da coerência de cache.

A coerência de cache trata a validade dos dados armazenados no dispositivo móvel, ou seja, a informação contida para leitura do dispositivo tem que ser a mesma lida pelos demais participantes do grupo. A coerência de cache em sistemas colaborativos móveis é tratada por BERKENBROCK (2009), onde foi desenvolvida uma estratégia denominada *Cache Coherence Scheme for Mobile Cooperative Work* (CCS-MoCW). Essa estratégia é baseada na disseminação de notificações de alteração, fornece alguns aspectos de percepção e possibilita a coerência de cache na camada de aplicação. A percepção pode ser definida com a compreensão das atividades dos outros membros do sistema colaborativo, com o objetivo de contextualizar o ambiente das suas próprias atividades. Assim, é possível perceber o que acontece no meio compartilhado, auxiliando as atividades conjuntas.

Este trabalho tem como objetivo definir um método de avaliação baseado no modelo 3C de colaboração para avaliar a estratégia CCS-MoCW. No modelo 3C [Ellis et al. 1991] os sistemas que dão suporte ao trabalho em grupo são classificados em três dimensões: comunicação, coordenação e colaboração.

O artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 fornece uma breve visão sobre os trabalhos relacionados. A Seção 3 descreve a adaptação realizada no modelo 3C para tornar possível a avaliação da estratégia CCS-MoCW. A Seção 4 mostra o estudo de

caso realizado, bem como uma análise dos primeiros resultados obtidos. Finalmente, a Seção 5, apresenta as conclusões e propostas de trabalhos futuros.

## 2. Trabalhos relacionados

Dimokas et al (2011) propõem as estratégias *Power Community Index Cooperative Caching* (PCICC) e *scaled version of the PCICC* (scaPCICC) para promover um novo protocolo de cache cooperativa para sensores de redes sem fio. A estratégia foi inspirada na ideia do índice de importância do nodo (*Node Importance Index-NIi*), porém dois quesitos foram adicionados: rede sem fio e cache cooperativa. A estratégia *u-power community index* (u-PCI) propõe novas métricas para escolha do nodo central. A estratégia *a scaled version of the u-PCI* (scaPCI) procura otimizar a escolha do nodo central quando há um número grande de nodos [Dimokas et al. 2011]. A ideia principal das estratégias PCICC e scaPCICC é escolher o melhor nodo central, capaz de melhorar a comunicação entre os demais nodos da rede. O ambiente em que essa estratégia é aplicada utiliza dispositivos que tiram fotografias. Através da cache compartilhada, busca-se definir todo o ambiente através de fotos. Caso a posição do dispositivo esteja ruim, outro dispositivo com melhor ângulo deverá fotografar o mesmo local, assim todos os ângulos do ambiente poderão ser visualizados. Os requisitos utilizados para avaliação foram: custo de energia para envio de mensagens, número de nodos, requisições por nodo, largura de banda utilizada, tempo de resposta, tempo de espera e tamanho da cache.

Em [Maymí et al. 2010] é proposta uma estratégia para fins militares denominada *Spatial-Aware*. Os autores consideram que para ter reconhecimento das ameaças é necessário ter um bom reconhecimento de campo. Para isso, a estratégia utiliza o compartilhamento de cache com o intuito de disseminar as informações de forma mais rápida, evitando perda de dados caso um dos nodos seja eliminado por qualquer motivo como, por exemplo, o fim da energia do dispositivo móvel. Na estratégia, quando um nodo se afasta dos demais, o conteúdo de sua cache é ejetado para os demais nodos, evitando a perda de dados.

A estratégia Cont-Coop [Ghandeharizadeh and Shayandeh 2008] visa o compartilhamento de cache em redes sem fio para mídias contínuas. A estratégia escolhe um nodo central capaz de gerenciar o estado da sua própria cache. Os demais nodos devem sincronizar o estado da sua cache com a do nodo central. Porém, a escolha do nodo central deve ser a que maximizará a utilização da rede sem fio. Existem 3 formas para selecionar o nodo central: a Seleção do nodo do núcleo (*Selection of core node*), onde é considerada a capacidade de comunicação do nodo com os demais através da largura de banda; Seleção descentralizada do nodo do núcleo (*Decentralized selection of core node*), os nodos votam e elegem o nodo do núcleo; Topologias de redes envolvidas (*Evolving network topologies*), baseia-se na disposição dos nodos para escolher o nodo central.

## 3. Método de avaliação baseado no modelo 3C de colaboração

O modelo 3C de colaboração [Ellis et al. 1991] descreve três princípios relevantes para a análise da colaboração: Comunicação, Cooperação e Coordenação.

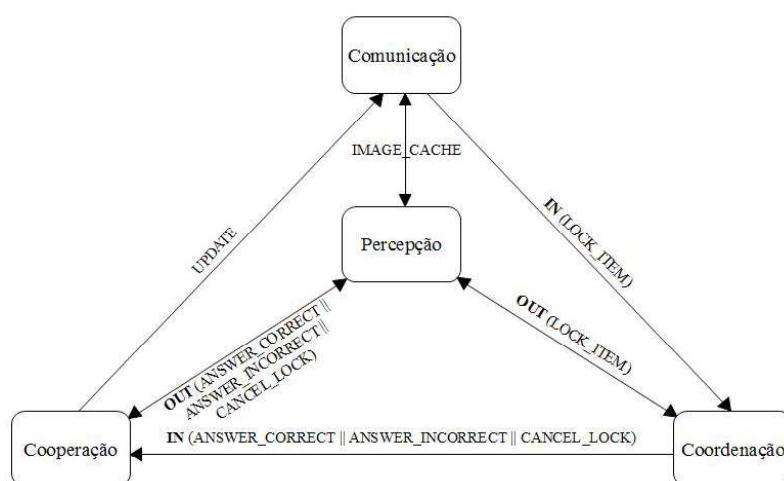
Durante a comunicação o entendimento comum é construído, pois através dela podemos compartilhar ideias, discutir, negociar e tomar decisões. Diferente de uma conversa pessoal onde as informações são trocadas através do som, no modelo 3C essas

informações são transmitidas em um canal de percepção. É importante que as trocas de informações tenham a confirmação de que foram entendidas, pois se forem mal interpretadas, a percepção será afetada de forma negativa.

A cooperação é definida pelo conjunto de atividades exercidas pelos participantes do grupo no espaço compartilhado. Essas atividades devem possuir uma estruturação. A responsabilidade de garantir a estrutura das atividades é da cooperação. Para isso, é necessário registrar as informações alteradas, adicionadas ou excluídas do meio compartilhado, reduzindo as incertezas e as informações conflitantes.

A organização do grupo é responsabilidade da coordenação. É através dela que a comunicação e a cooperação são realizadas na ordem e tempos corretos. A coordenação também influencia a percepção, pois auxilia os participantes a enxergarem os progressos de outras atividades, evitando ações repetidas e conflitos desnecessários.

Neste trabalho, a estratégia CCS-MoCW foi implementada em um jogo colaborativo de perguntas e respostas, intitulado *Warming up the brain*. O jogo é descrito na seção 4. As mensagens trocadas no jogo foram adaptadas para contemplar os 3C's descritos no modelo. Essas mensagens podem ser visualizadas na Figura 1.



**Figura 1. Método de avaliação baseado no modelo 3C de colaboração.**

No jogo colaborativo, quando o usuário tenta responder a uma pergunta, é solicitado um bloqueio a essa pergunta ao servidor por meio da mensagem IN (LOCK-ITEM). O servidor, ao aceitar o bloqueio, deve avisar os demais participantes sobre o bloqueio realizado através da mensagem OUT (LOCK-ITEM). Essas duas mensagens representam o primeiro C, comunicação, pois comunicam quais as intenções no ambiente colaborativo.

Após concedido o bloqueio ao participante, ele poderá “acertar” a pergunta bloqueada IN (ANSWER-CORRECT), “errar” a pergunta bloqueada IN (ANSWER-INCORRECT) ou cancelar o bloqueio IN (CANCEL-BLOCK). Essas ações representam o que será feito com a questão bloqueada, representando o segundo C, coordenação, ou seja, coordenando a ação ou planejando a ação.

Para finalizar a ação com a questão bloqueada os demais participantes devem estar cientes da ação executada. Assim, a mensagem OUT (ANSWER-CORRECT) avisa os

demais que a questão foi respondida corretamente, OUT (ANSWER-INCORRECT) que foi respondida errada e OUT (CANCEL-BLOCK) que seu bloqueio foi cancelado. Estas mensagens representam o último C, cooperação, ou seja, operando a ação.

A percepção (*awareness*) busca apresentar ao usuário um conhecimento e entendimento sobre o seu próprio grupo e sobre as atividades de seus colegas, fornecendo um contexto compartilhado das atividades individuais. A mensagem de UPDATE comunica uma alteração na questão bloqueada. A mensagem IMACHE-CACHE avisa que a percepção deve ser atualizada para todos os participantes do jogo colaborativo.

### 3.1. Avaliando a colaboração: Ciclos colaborativos

No contexto de trabalho cooperativo, a percepção procura apresentar o conteúdo das informações relacionadas com o trabalho do grupo da melhor maneira possível, de modo a auxiliar na realização das atividades de cada elemento do grupo.

Ao analisar o modelo 3C, é possível notar a dependência entre os C's. Conforme apresentado na Figura 1, as flechas evidenciam uma sequência (Comunicação → Coordenação → Cooperação).

A mensagem IMACHE-CACHE é a forma de garantir que os demais participantes estão cientes das alterações na questão bloqueada. A mensagem UPDATE, comunica a alteração, mas não garante a percepção do grupo como um todo.

Após a definição do método de avaliação baseado no modelo 3C, vários testes foram feitos para identificação dos ciclos colaborativos que representem a forma como a percepção é apresentada aos jogadores.

Um ciclo ideal identifica que todas as mensagens IN tiveram suas respectivas mensagens de OUT enviadas para atualizar a percepção na ordem IN, OUT. No exemplo de log demonstrado na Figura 2, o participante denominado cel04, bloqueou uma questão IN (LOCK-ITEM) e em seguida enviou uma mensagem para atualizar a percepção OUT (LOCK-ITEM), logo após comunicou os demais participantes da alteração do ambiente colaborativo OUT (IMAGE-CACHE).

```
cel04 - IN CACHE_COHERENCE - LOCK_ITEM
cel04 - OUT CACHE_COHERENCE - LOCK_ITEM
WUTB - OUT CACHE_COHERENCE - IMAGE_CACHE
```

Situação Ideal

**Figura 2. Ciclo ideal**

O ciclo regular caracteriza a falta de ordem nas mensagens de IN e OUT, podendo ser notada as distâncias entre elas, onde  $dt$  representa o número de mensagens entre a mensagem de IN e OUT. No exemplo de log da Figura 3, tem-se 2 participantes no mesmo ciclo colaborativo, cel04 e cel05. O participante cel04 já possui sua questão bloqueada, responde ela corretamente, porém a mensagem que avisa que sua questão foi respondida corretamente não está na sequência, nota-se  $dt=2$ . O participante cel05, bloqueia uma questão e cancela seu bloqueio em seguida, também nota-se a distância entre as mensagens de IN e OUT.

O ciclo aberto classifica os ciclos colaborativos que não possuem mensagens de OUT correspondentes, como visto na Figura 4. Neste log, o participante cel04 bloqueia



Figura 3. Ciclo regular

uma questão, porém sua mensagem de OUT não é enviada na atualização de percepção seguinte. Isto faz com que os demais participantes não percebam que a questão foi bloqueada, podendo dar a falsa impressão que pode ser bloqueada.

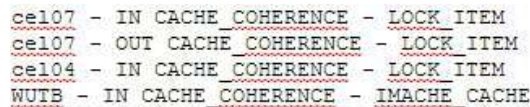


Figura 4. Ciclo aberto

#### 4. Estudo de caso

O jogo colaborativo *Warming up the brain* [Berkenbrock 2009, Mantau and Berkenbrock 2014] é um jogo de perguntas e respostas, formado por duas equipes. Os jogadores devem responder perguntas de múltipla escolha sobre um determinado tema. O jogador que seleciona uma questão bloqueia essa questão para a sua equipe, impedindo que a outra equipe possa respondê-la. Se o jogador acertar a pergunta, sua equipe ganha um ponto pelo acerto, se errar, caso a equipe adversária acertá-la ela ganhará o dobro da pontuação. A Figura 5 (a) apresenta tela principal do jogo. A Figura 5 (b) mostra o exemplo de uma questão selecionada para ser respondida.



Figura 5. (a) Tela principal com quarenta questões, (b) Exemplo de uma questão selecionada

O estudo de caso foi realizado na disciplina de Banco de Dados do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da UDESC. O jogo foi realizado utilizando quarenta



perguntas sobre banco de dados a serem respondidas pelos alunos. Foram realizadas duas sessões de meia hora do jogo colaborativo. Foram utilizados quatro smartphones com o sistema operacional Android. Devido o número de alunos ser superior ao número de dispositivos, cada smartphone foi compartilhado entre dois ou três alunos. Após o fim da sessão, cada aluno respondeu a um questionário sobre aspectos colaborativos e sobre o jogo.

Durante os trinta minutos decorrentes da primeira sessão do estudo de caso, observou-se que dos 150 ciclos gerados, 78 ciclos foram abertos, 46 regulares e 26 ideais. Os ciclos abertos aparecem em maior evidência, 52% do total. Este resultado indica que na maioria dos ciclos, os jogadores tiveram tanto sua percepção como o planejamento de sua ação afetada. Ao observar a Figura 6 (a), nota-se que os ciclos não ocorrem em uma sequência longa, variando entre ciclos ideais e ciclos regulares.

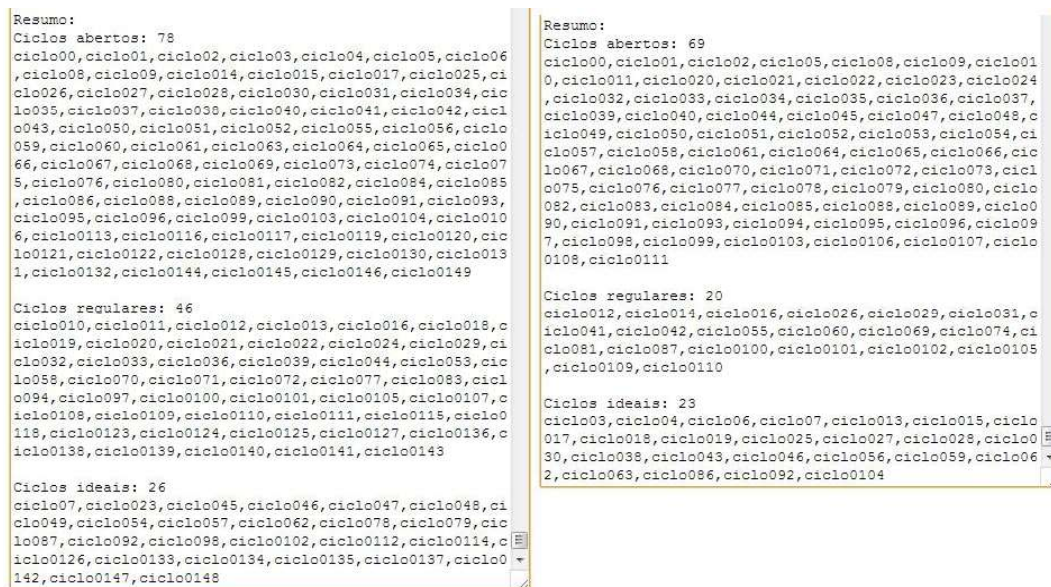


Figura 6. Resumo dos ciclos: (a) Primeira sessão, (b) Segunda sessão

A segunda sessão apresentou 62% de ciclos abertos (Figura 6 (b) ), mais uma vez confirmando o atraso da percepção. Como na primeira sessão, os ciclos abertos intercalaram entre ciclos regulares e ideais, reduzindo a chance de o usuário ser prejudicado no planejamento de suas ações.

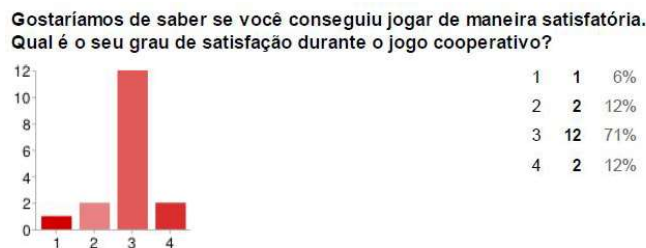


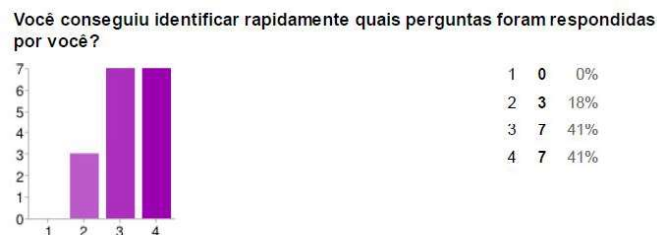
Figura 7. Questão sobre satisfação do jogo colaborativo (1 - Pouco, 4 - Muito)

Nas duas sessões do estudo de caso, os ciclos abertos foram predominantes, o que indica que na maioria do tempo os usuários estavam com sua percepção atrasada. Con-

tudo, o resultado do questionário aplicado aos participantes do estudo de caso demonstra que os usuários não se sentiram incomodados pelo atraso da percepção. Os participantes declararam conseguir realizar suas tarefas de forma satisfatória.

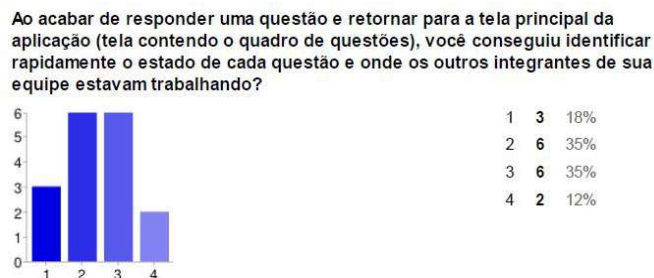
A pergunta apresentada na Figura 7 demonstra que a maioria dos participantes ficou satisfeita com suas ações no jogo colaborativo. O atraso da percepção causado por um ciclo colaborativo aberto teve pouca influência na jogabilidade, segundo os participantes.

Com a intenção de verificar a atualização da percepção da ação do próprio participante, a pergunta apresentada na Figura 8 observa que a maioria dos participantes percebeu rapidamente suas ações no jogo colaborativo.



**Figura 8. Questão sobre percepção das próprias ações do participante (1 - Pouco, 4 - Muito)**

Conforme mostra a Figura 9, a percepção das ações dos outros participantes da sua equipe no jogo colaborativo aparece, na média, prejudicada. A alta ocorrência de ciclos colaborativos abertos, prejudicou a visualização das ações dos outros participantes, o que pode prejudicar o trabalho em equipe.

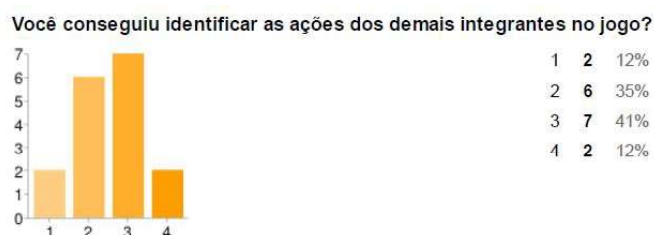


**Figura 9. Questão sobre percepção das ações dos participantes da mesma equipe (1 - Pouco, 4 - Muito)**

A questão apresentada na Figura 10, indica que na média foi possível verificar quais questões estavam bloqueadas e quais foram respondidas. Este resultado demonstra que o planejamento da ação do participante foi pouco prejudicada pelo atraso da percepção causado pelos ciclos colaborativos abertos.

A opinião dos participantes completou a avaliação dos ciclos colaborativos, pois a predominância de ciclos abertos, indica uma falha na percepção do espaço compartilhado. Porém, ao observar os resultados do questionário, nota-se que a grande quantidade de ciclos abertos, não justifica uma percepção ruim do espaço compartilhado.





**Figura 10. Questão sobre percepção das ações de todos participantes (1 - Pouco, 4 - Muito)**

## 5. Conclusões e trabalhos futuros

O método de avaliação baseado no modelo 3C de colaboração, onde cada C foi representado por mensagens da estratégia CCS-MoCW, demonstrou de forma efetiva seu comportamento, podendo ser notado e classificado ciclos de mensagens que foram denominados ciclos colaborativos. Nos testes feitos com o método proposto, foram identificados 3 ciclos: abertos, ideias e regulares.

O estudo de caso observou que a maioria dos ciclos colaborativos denominados abertos, poderiam prejudicar a percepção e o planejamento das ações no espaço compartilhado. Porém, o questionário respondido pelos participantes do estudo de caso, demonstrou resultados satisfatórios, concluindo que o jogo colaborativo *Warming up the brain* é pouco prejudicado pelos atrasos na percepção, praticamente não afetando a colaboração do jogo na maioria do tempo. Como os ciclos alternam entre si, não gerando uma longa sequência de ciclos abertos, por exemplo, os usuários acabam não notando o atraso na atualização da sua percepção, situação não observada no método de avaliação.

## Referências

- Berkenbrock, C. (2009). *Uma estratégia para garantir coerência de cache e percepção em sistemas colaborativos com apoio a mobilidade*. PhD thesis, Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA.
- Dimokas, N., Katsaros, D., Tassioulas, L., and Manolopoulos, Y. (2011). High performance, low complexity cooperative caching for wireless sensor networks. *Wirel. Netw.*
- Ellis, C. A., Gibbs, S. J., and Rein, G. (1991). Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1):39–58.
- Ghandeharizadeh, S. and Shayandeh, S. (2008). Cooperative caching techniques for continuous media in wireless home networks. In *Proceedings of the 1st International Conference on Ambient Media and Systems*, pages 19:1–19:8.
- Mantau, M. J. ; Berkenbrock, C. D. M. and Berkenbrock, G. R. (2014). Visualization and filtering awareness information in mobile groupwares: an action research approach. In *Proceedings of the 2013 IEEE 17th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, pages 563–568. IEEE.
- Maymí, F. J., Martínez, M. R., and Rolke, W. (2010). A cooperative spatial-aware cache for mobile environments. In *Proceedings of the Ninth ACM International Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access, MobiDE '10*, pages 65–72, New York, NY, USA. ACM.