

8 Conclusões e Trabalhos Futuros

8.1. Conclusões

A construção de sistemas de software de boa qualidade é o objetivo que tem guiado os esforços dos engenheiros de software durante as últimas duas décadas. O desenvolvimento de software orientado a aspectos é uma abordagem nova que promete melhorar a qualidade dos sistemas de software, por meio da separação avançada de *concerns*. Contudo, a falta de orientações para o projeto e implementação pode levar ao mau uso das abstrações e mecanismos orientados a aspectos, piorando, dessa forma, a qualidade geral dos sistemas.

Atributos de qualidade importantes, como manutenibilidade e reusabilidade, podem ser afetados negativamente pelo uso inadequado de linguagens orientadas a aspectos e suas respectivas abstrações. Sendo assim, à medida que o desenvolvimento de software orientado a aspectos ganha mais popularidade, torna-se necessário a realização de pesquisas significativas no sentido de definir atributos de qualidade e métricas adequadas à avaliação de software orientado a aspectos.

A medição de propriedades estruturais de projeto de artefatos de software, tais como acoplamento, coesão e separação de *concerns*, pode ser uma abordagem promissora para se avaliar a qualidade de sistemas de software orientados a aspectos. Como essas propriedades são afetadas pelas novas abstrações e mecanismos de composição e decomposição introduzidos pelo desenvolvimento de software orientado a aspectos, elas só podem ser medidas por métricas apropriadas para serem aplicadas em projeto e código orientado a aspectos. Além disso, para que tais métricas sejam usadas de maneira eficaz, modelos de qualidade são necessários para descrever como essas propriedades internas se relacionam com os atributos externos relevantes. Porém, a pesquisa atual sobre o desenvolvimento de software orientado a aspectos tem se preocupado principalmente com a construção de linguagens de projeto e implementação.

Alguns estudos experimentais têm sido realizados no âmbito do desenvolvimento de software orientado a aspectos. Todavia, a avaliação realizada durante esses estudos é predominantemente qualitativa e não é genericamente aplicável em outros casos.

Dentro deste contexto, as contribuições deste trabalho de mestrado foram as seguintes:

- A proposta de um framework de avaliação, composto por um conjunto de métricas e um modelo de qualidade, para apoiar a avaliação de software orientado a aspectos em termos de sua manutenibilidade e reusabilidade. Essa proposta foi publicada em [55].
- A definição de métricas para medir separação de *concerns*, acoplamento, coesão e tamanho do projeto e código de sistemas de software orientados a aspectos.
- A definição de um modelo de qualidade que torna explícito o relacionamento das métricas e dos atributos internos que elas medem com os atributos externos de manutenibilidade e reusabilidade.
- A avaliação do framework proposto no contexto de um estudo experimental que comparou o projeto e a implementação orientado a aspectos com o projeto e a implementação orientado a objetos de um mesmo sistema multi-agentes. A descrição e os resultados desse estudo foram publicados em [42, 43].
- A avaliação do framework proposto no contexto de um estudo experimental que comparou as implementações em Java e AspectJ de seis padrões de projetos da *GoF*.

As métricas propostas satisfazem importantes requisitos para poderem dar origem a medições de sucesso no âmbito do desenvolvimento de software orientado a aspectos. Elas medem atributos internos de qualidade de software bem conhecidos pelos engenheiros de software. A maioria delas se baseia em métricas tradicionais ou métricas orientadas a objetos. Tanto as métricas novas e quanto as métricas que são extensões de métricas já existentes consideram as novas abstrações e as novas dimensões de princípios de projeto e atributos de qualidade introduzidos pelo desenvolvimento de software orientado a aspectos. Além disso,

o uso do conjunto de métricas gera resultados que permitem a comparação entre projetos e códigos orientados a aspectos e projetos e códigos orientados a objetos.

Até agora não foi desenvolvida uma ferramenta para apoiar a aplicação das métricas do framework de avaliação. Mas, pelo fato de muitas delas serem extensões de métricas orientadas a objetos, é possível contar com o apoio de alguma ferramenta para aplicá-las na parte orientada a objetos de um projeto ou código orientado a aspectos. Isso foi feito, por exemplo, nos estudos experimentais apresentados aqui, que usaram a ferramenta Together 6.0 [12].

A realização dos estudos experimentais serviu como uma primeira avaliação da utilidade e usabilidade do conjunto de métricas e do modelo de qualidade. Em ambos estudos, o processo de avaliação foi apoiado pelo framework proposto e gerou resultados que ajudaram muito para o entendimento das diferenças entre a solução orientada a aspectos e solução orientada a objetos dos sistemas analisados. Apesar de não poderem ser generalizados, os resultados dos dois estudos experimentais mostraram que, na maioria dos casos, a abordagem orientada a aspectos gerou soluções com maior manutenibilidade e reusabilidade do que a abordagem orientada a objetos. Pode-se concluir, então, que os estudos experimentais serviram como indicação de que o framework de avaliação merece ser estudado mais profundamente em outros contextos de forma a poder ser refinado e amadurecido.

8.2. Trabalhos Futuros

O trabalho apresentado nesta dissertação pode ser continuado com a realização das seguintes atividades:

- Realização de outros estudos experimentais com o uso do framework de avaliação proposto. Atualmente, o framework já está sendo usado em um estudo que compara a implementação orientada a objetos e a implementação orientada a aspectos de mecanismos de distribuição e persistência propostas por Soares et al. [56].
- Definição das métricas de acordo com o framework conceitual de orientação a aspectos proposto por Chavez [57]. Dessa forma a

definição das métricas passará a ser independente de linguagem de programação.

- Desenvolvimento de uma ferramenta para automatizar a aplicação do conjunto de métricas.
- Estudo de como as métricas podem apoiar a realização de refatoração¹⁵ de software orientado a aspectos, ou seja, como o uso das métricas pode indicar pontos do projeto e do código de sistemas de software orientados a aspectos que precisam passar por um processo de refatoração.
- Estudo de como as métricas podem apoiar a verificação da qualidade de projetos orientados a aspectos antes da sua implementação; neste caso as métricas poderiam ser usadas para decidir entre algumas opções de projeto, orientado a objetos e orientado a aspectos, qual seria a melhor opção a ser implementada.

¹⁵ Tradução do autor para o termo *refactoring*.