

7 Conclusões

Neste trabalho, se construiu um transportador pessoal robótico auto-equilibrante (TPRE), com capacidade para transportar um usuário adulto. O TPRE foi usado para testar as estratégias de controle desenvolvidas ao longo dessa dissertação, implementadas no controlador EK-LM3S8962, utilizando a linguagem de programação eLua. Desenvolveu-se, também, uma modelagem matemática do sistema com a finalidade de simular sua dinâmica utilizando o ambiente Matlab, e de avaliar previamente as estratégias de controle.

Os resultados com o Controle PID mostraram, tanto nas simulações quanto nos experimentos, um bom desempenho quando os ganhos são calibrados para um peso específico do usuário que o dirige, e quando os mesmos se encontravam num solo plano e sem rampas. Nos casos de mudança de carga (peso do usuário), quando a mudança se apresentava consideravelmente grande, o desempenho diminuiu, atingindo quase a instabilidade em alguns casos, ou até ficando instável ao passar por um plano inclinado. Conclui-se, a partir desses experimentos, que um sistema não-linear como esse não apresenta bom desempenho com um controlador linear, a menos que os parâmetros (ganhos) possam ser recalibrados em tempo real.

Os resultados com o Controle Fuzzy mostraram um bom desempenho para um caso específico de carga. No caso de mudança de carga, porém sobre superfície plana, o sistema manteve o bom desempenho e a estabilidade. Mas para o caso de mudança de carga e de uso em planos inclinados, se notou uma redução do desempenho, contudo ainda evoluiu com sucesso.

Os resultados com Controle Robusto mostraram, tanto nas simulações quanto nos experimentos, um bom desempenho em todos os casos. No caso de mudança de carga, mesmo que em um grande valor, o sistema manteve a estabilidade. No caso de rampas (perturbações), se notou uma certa redução do desempenho, mas que não impediu que o TPRE avançasse com sucesso.

Os trabalhos futuros sugeridos incluem: 1) utilização de um filtro Kalman nas leituras dos sensores; 2) trocar as rodas por outras de maior diâmetro com a finalidade de poder subir inclinações e obstáculos com maior facilidade ao atual; 3) utilizar baterias com maior capacidade, para aumentar a autonomia do sistema (e.g. usar

baterias de lítio-ferro ao invés de níquel-cádmio; e 4) aprimorar o sistema de segurança contra quedas do usuário, incluindo uma chave de potência do tipo *Deadman Switch* para desconectar a parte elétrica nestes casos - o sistema de segurança atual utiliza apenas uma chave lógica que envia um sinal para o microcontrolador parar o TPPE, mas uma chave de potência que cortaria fisicamente a alimentação da bateria seria mais segura por ser imune a falhas no sistema eletrônico.