

## 7 Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Nesta dissertação, uma técnica de controle de tração foi proposta para controlar a velocidade de veículos em terrenos acidentados, garantindo a estabilidade dinâmica, não deslizamento e considerando a saturação dos motores, ao mesmo tempo em que procura minimizar a potência (sempre que possível).

Simulações demonstraram que o controle proposto conseguiu alcançar os seus objetivos. Ou seja., conseguiu fazer com que o robô alcançasse a velocidade desejada e dessa forma efetuasse o movimento desejado. O controle sempre manteve as razões entre as forças de tração e as suas respectivas normais sempre menores ou iguais a um valor máximo definido ( $\mu_{\max}$ ) que sempre deve ser menor que coeficiente de atrito estático, evitando assim o deslizamento. E a estabilidade dinâmica foi garantida, através da verificação do fato que as normais obtidas sempre foram positivas.

O controle proposto ainda mostrou toda a sua potencialidade, quando comparado com o controle PI. Sendo que o primeiro apresentou resultados superiores em relação ao segundo, principalmente em terrenos mais acidentados.

O presente estudo demonstrou ainda, a maior complexidade do problema de tração quando os ângulos de contato entre as rodas e o solo são diferentes, como em terrenos acidentados. Ao contrário da maioria dos modelos existentes, que assumem terrenos planos (inclinados ou não), os modelos obtidos refletiram o forte acoplamento entre as forças normais e de tração, tanto para os casos dinâmicos quanto para os quase-estáticos.

As simulações também mostraram que, para terrenos planos, existe mais que um par de forças de atrito que minimizam o consumo de potência. Logo em tais terrenos poder-se-ia otimizar mais alguma característica do sistema. Outro ponto que merece ser salientado é que o modelo de suspensão flexível mostrou-se coerente com o modelo sem suspensão, sendo que as curvas do modelo com suspensão obtiveram uma boa semelhança qualitativa com as do modelo rígido quando o valor da constante de rigidez do modelo flexível foi elevado

Recomenda-se para trabalhos futuros inserir no modelo as inércias das rodas e das suspensões. Além disso, a modelagem dos motores elétricos poderia ser considerada, pois a saturação dos mesmos foi considerado somente levando em conta o torque máximo associado à  $F_{sat}$ , não foram incluídas restrições quanto à potência máxima dos motores.

No presente trabalho, a velocidade longitudinal desejada fornecida ao controle não levou em consideração o perfil do terreno. Sendo que o consumo de potência só era minimizado após garantir-se o controle da velocidade. Futuros trabalhos poderiam propor critérios para estipular automaticamente a velocidade desejada em função do terreno e de parâmetros do veículo. Por exemplo, poderia-se permitir que  $V_d$  fosse aumentada em um declive, para evitar que o veículo freie desnecessariamente, desde que a estabilidade não fosse comprometida. Outro exemplo seria variar suavemente  $V_d$  de zero até seu valor desejado no início do movimento, minimizando assim a derivada da aceleração (*jerk*) e conseqüentemente aumentando o conforto do passageiro e poupando os motores.

Trabalhos experimentais futuros poderiam também estudar técnicas para estimar em tempo real os ângulos de contato entre as rodas e o solo, além daquelas já propostas na literatura.