



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

FRANCISCO DANIEL DE CARVALHO ROSA

**UMA INVESTIGAÇÃO ACERCA DA EVOLUÇÃO DO MOMENTUM ANGULAR
EM SISTEMAS PLANETÁRIOS**

FORTALEZA

2021

FRANCISCO DANIEL DE CARVALHO ROSA

UMA INVESTIGAÇÃO ACERCA DA EVOLUÇÃO DO MOMENTUM ANGULAR EM
SISTEMAS PLANETÁRIOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Física. Área de Concentração: Física da Matéria Condensada.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brito de Freitas.

FORTALEZA
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R694i Rosa, Francisco Daniel de Carvalho.

Uma investigação acerca da evolução do momentum angular em sistemas planetários / Francisco Daniel de Carvalho Rosa. – 2021.

103 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Física, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Daniel Brito de Freitas.

1. Momentum angular de spin. 2. Rotação-translação. 3. Sistemas planetários. 4. Parâmetros físicos. I. Título.

CDD 530

FRANCISCO DANIEL DE CARVALHO ROSA

UMA INVESTIGAÇÃO ACERCA DA EVOLUÇÃO DO MOMENTUM ANGULAR EM
SISTEMAS PLANETÁRIOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Física. Área de Concentração: Física da Matéria Condensada.

Aprovada em 03/09/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Brito de Freitas (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Maria Liduína das Chagas
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
(UNIFESSPA)

Prof. Dr. Mackson Matheus França Nepomuceno
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Aos meus pais, família
e amigos dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus por me dá a força e sabedoria necessária para superar as barreiras em busca do conhecimento. Gostaria de agradecer aos meus pais, Joaquim de França Rosa e Luiza Maria Barbosa de Carvalho Rosa, por me apoiarem na continuação da minha vida acadêmica, aos professores: Rodrigo dos Santos Almeida, Wemerson José Alencar e Alberto, por terem tirado um pouco do seu tempo me preparando para seleção de mestrado da UFC.

A todos meus familiares, meus singelos agradecimentos por serem pessoas especiais em minha vida. Aos meus amigos: Geraldo, Márcio, Ramon, Fernanda, Márcio Costa, Lucas, João e Melgar, muito obrigado pela presença de todos vocês em minha vida.

Fica, meus votos de gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro para realização da presente pesquisa. Aos meus amigos da UFC, Ivan, Gilvane, Nailson, Keila e Stanley, por me acolherem de braços abertos durante todo o mestrado. Ao meu orientador Daniel Brito de Freitas, só tenho a agradecer por compartilhar um pouco de seu conhecimento aliado a pesquisa e o apoio durante toda a jornada do mestrado.

São tantas as pessoas que tenho a agradecer, que não comportaria em uma ou duas folhas, por este motivo, minhas humildes desculpas se esqueci de alguém. Aos membros do Stellar Team, nunca vou esquecer das trocas de conhecimentos, durante as nossas confraternizações, a minha companheira de pesquisa, Sarah Barbosa, agradeço todo o apoio e troca de dúvidas que tivemos para o aprimoramento de nossas pesquisas.

A todos os membros da UFC, meus agradecimentos pela recepção acolhedora e pela oportunidade de me tornar um profissional mais qualificado para mercado de trabalho. A vida é feita de escolhas e optei escolher a física, para que possa entender um pouco mais como funciona a natureza.

Agradeço especialmente a todos os pesquisadores(as) e autores(as) que contribuíram de forma direta ou indireta para moldar, corroborar e explicar este trabalho com bases nos seus artigos científicos, as bases de dados: VizieR - Université de Strasbourg (Centre de Données astronomiques de Strasbourg)¹[70] pela disponibilização dos dados de Jofré *et al.*[40] e Lanzafame *et al.*[39], Nasa Exoplanet Archive²[41] e The Exoplanet Orbit Database³[42] pelo acesso a seus dados que foram de suma importância na compilação das 257 estrelas e 302 exoplanetas utilizados nessa pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

¹ <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>

² <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>

³ <http://exoplanets.org/>

RESUMO

Pesquisas sobre o momentum angular estelar e planetário já geraram inúmeros trabalhos nas últimas décadas. Essas pesquisas estão baseadas na relação entre o momentum angular de spin e a massa estelar, porém essa relação sofre alterações ao analisar sistemas com e sem planetas. No presente trabalho, investigamos essa relação com base em uma amostra de 578 estrelas com e sem planetas em diferentes estágios evolutivos. Como um resultado, observamos que estrelas que hospedam planetas apresentam um déficit de momentum angular de spin quando comparadas com aquelas que não tenham planetas, este resultado persiste até mesmo para as que já deixaram a sequência principal. Acreditamos que isso se deve ao fato que em sistemas planetários, a estrela hospedeira perde boa parte do momentum angular para os planetas da mesma forma como ocorre no Sistema Solar. Outro resultado é que as taxas de J_* (momentum angular estelar), J_p (momentum angular planetário) e J_{tot} (momentum angular total) sofrem influência dos métodos empregados para descobertas de exoplanetas, com isso, cada técnica apresenta peculiaridades únicas no ato de computar o momentum angular. Além disso, ao analisamos a razão entre o momentum angular planetário e total, percebemos que exoplanetas detectados por velocidade radial retêm maiores concentrações de J_{tot} do que aqueles descobertos por trânsito. Assim, com a presente pesquisa fomos capazes de conhecermos o comportamento das taxas de momentum angular para estrelas tanto da sequência principal quanto ramos evoluídos e como a presença de planetas interferem nesses valores.

Palavras-chave: momentum angular de spin; rotação-translação; sistemas planetários; parâmetros físicos.

ABSTRACT

Research on stellar and planetary angular momentum has generated numerous works in recent decades. These researches are based on the relationship between spin angular momentum and stellar mass, but this relationship changes when analyzing systems with and without planets. In the present work, we investigate this relationship based on a sample of 578 stars with and without planets at different evolutionary stages. As a result, we observed that stars that host planets show a deficit of spin angular momentum when compared to those that do not have planets, this result persists even for those that have already left the main sequence. We believe this is because, in planetary systems, the host star loses much of its angular momentum to the planets just as it does in the Solar System. Another result is that the rates of J_* (stellar angular momentum), J_p (planetary angular momentum) and J_{tot} (total angular momentum) are influenced by the methods used for discoveries of exoplanets, therefore, each technique has unique peculiarities in the act of computing the angular momentum. Furthermore, when we analyze the ratio between the planetary and total angular momentum, we find that exoplanets detected by radial velocity retain higher concentrations of J_{tot} than those discovered by transit. Thus, with the present research we were able to know the behavior of angular momentum rates for main sequence stars and evolved branches and how the presence of planets interferes in these values.

Keywords: angular spin momentum; rotation-translation; planetary systems; physical parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração das componentes responsáveis pela rotação estelar.	17
Figura 2 – Distribuição de $v \sin i$ em função da massa estelar e planetária.	18
Figura 3 – Comportamento de $v \sin i$ em função da massa estelar (direita) e tipo espectral (esquerda).	19
Figura 4 – Relação de $\log j_*$ com $\log M_*$ em estrelas da sequência principal.	20
Figura 5 – Relação $\langle j_* \rangle \propto M_*^{(\alpha-1)}$ para 375 estrelas de Kraft (1970).	21
Figura 6 – Alguns ajustes (linhas) da lei de Kraft encontrados na literatura.	22
Figura 7 – Principais técnicas empregadas para detecção de exoplanetas.	24
Figura 8 – Momentum angular de spin em função da massa estelar para 316 estrelas hospedeiras da sequência principal.	24
Figura 9 – Representação do momentum angular para enésima partícula no interior estelar.	27
Figura 10 – Representação do momentum angular de translação planetário	30
Figura 11 – Porcentagens de momentum angular total encontrados nos planetas para 28 sistemas extrasolares.	32
Figura 12 – Momentum angular específico versus massa estelar para os dados de Berget & Durrance (2010) e McNally (1965).	34
Figura 13 – Distribuição cumulativa de $v \sin i$ para 578 estrelas da sequência principal e ramos evoluídos.	36
Figura 14 – Histograma de $v \sin i$ para 578 estrelas da sequência principal e ramos evoluídos.	37
Figura 15 – Histograma da massa de todas estrelas e planetas das amostras.	39
Figura 16 – Histograma do raio para todas estrelas das amostras.	40
Figura 17 – Histograma do semi-eixo maior (superior) e excentricidade (inferior) para os exoplanetas das amostras.	41
Figura 18 – Diagrama HR para 480 estrelas desse estudo.	42
Figura 19 – Relação de Kraft para 355 estrelas com e sem planetas da sequência principal.	43
Figura 20 – Histograma comparando as taxas de J_* para 222 estrelas hospedeiras e não hospedeiras dos ramos evoluídos.	44
Figura 21 – Comparativo entre as taxas de momentum angular para estrelas da sequência principal e ramos evoluídos.	45
Figura 22 – Histograma comparando as taxas de J_* para 257 estrelas da sequência principal em sistemas com um único planeta e multiplanetários.	48

Figura 23 –Momentum angular de spin em função da massa estelar para estrelas com planetas descobertos por trânsito (126 estrelas) e velocidade radial (131 estrelas).	49
Figura 24 –Relação entre momentum angular de spin, massa estelar e planetária para 214 estrelas da sequência principal com 214 exoplanetas localizados por velocidade radial e trânsito.	50
Figura 25 –Taxas de momentum angular orbital total em sistemas com um planeta e multiplanetários.	51
Figura 26 –Relação entre momentum angular orbital versus massa planetária para 302 exoplanetas.	52
Figura 27 –Relação entre momentum angular orbital total em função da massa estelar para 257 estrelas da sequência principal com 302 exoplanetas.	53
Figura 28 –Momentum angular total versus massa estelar para 257 estrelas com 302 planetas detectados por trânsito e velocidade radial.	55
Figura 29 –Porcentagens de J_{tot} encontrados nos planetas em função da massa estelar para os dados por trânsito e velocidade radial.	56
Figura 30 –Momentum angular total em função da massa planetária para as amostras de trânsito e velocidade radial.	58
Figura 31 –Efeito Doppler estelar.	61
Figura 32 –Curvas de luz para o trânsito de cinco exoplanetas descobertos pela missão Kepler da Nasa.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre as taxas de momentum angular do Sol e seus oito planetas.	21
Tabela 2 – Informações para 578 estrelas em diferentes estágios evolutivos presente nessa pesquisa	35
Tabela 3 – Principais parâmetros físicos para as estrelas da sequência principal.	38
Tabela 4 – Amostra de estrelas da sequência principal sem planetas de Lanzafame <i>et al.</i> [39].	65
Tabela 5 – Amostra de estrelas dos ramos evoluídos com e sem planetas de Jofré <i>et al.</i> [40].	68
Tabela 6 – Propriedades físicas para o cálculo do momentum angular de spin (trânsito e velocidade radial).	75
Tabela 7 – Propriedades físicas para computar o momentum angular orbital (trânsito e velocidade radial).	83
Tabela 8 – Informações de $\log(J_{\star})$ e $\log(\sum J_p)$ usados para calcular o momentum angular total dos sistemas com planetas descobertos por velocidade radial e trânsito desse estudo.	92

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
NASA	National Aeronautics and Space Administration
KCP	Kepler Confirmed Planetary
KOI	Kepler Objects of Interest
SI	Sistema Internacional de Unidades
SS	Sistema Solar
SP	Sistema Planetário
VR	Velocidade Radial
UA	Unidade Astronômica

LISTA DE SÍMBOLOS

\vec{J}, J_{\star} ou J_{spin}	Momentum angular, momentum angular de spin (magnitude)
J_p	Momentum angular orbital (magnitude)
J_{tot}	Momentum angular total (magnitude)
j_{\star}	Momentum angular específico estelar (J_{\star}/M_{\star} ou J/M , magnitude)
$\%L$	Porcentagem de momentum angular que reside nos planetas do momentum angular total do sistema (J_p/J_{tot} , magnitude)
M_{\odot}	Massa solar = $1,989 \times 10^{30}$ kg
M_J	Massa de Júpiter = $1,898 \times 10^{27}$ kg
M_{\oplus}	Massa da Terra $\approx 5,98 \times 10^{24}$ kg
m_p ou M_p	Massa planetária
M ou M_{\star}	Massa estelar
R ou R_{\star}	Raio estelar
R_{\odot}	Raio solar = $6,96 \times 10^8$ m
$v \sin i$	Velocidade de rotação projetada
a	Semi-eixo maior
e	Excentricidade
v_{rot}	Velocidade de rotação estelar
I, I_{\star}	Momentum de inércia, momento de inércia estelar
AU	Unidade astronômica (1UA $\approx 1,5 \times 10^{11}$ m)
ω	Velocidade angular (magnitude)
σ	erro de determinada grandeza
P_{\star}	Periodo de rotação estelar
i	Inclinação do eixo de rotação estelar
$J_{\star}-M_{\star}$ ou $J-$	Momentum angular de spin-massa estelar (relação de Kraft)
M	
G	Constante gravitacional $\approx 6,674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
v_{eq}	velocidade equatorial
L_{\star}	Luminosidade estelar
σ	Constante de Stefan-Boltzman = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
T_{ef}	Temperatura efetiva
L_{\odot}	Luminosidade solar $\simeq 3,9 \times 10^{26}$ W
T_{ef}^{\odot}	Temperatura efetiva solar = 5800 K

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Rotação, massa e momentum angular estelar	17
1.2	Lei de Kraft e as técnicas de detecção de exoplanetas	21
1.3	Objetivos deste trabalho	25
1.4	Plano de trabalho	25
2	MOMENTUM ANGULAR: UMA VISÃO GERAL	27
2.1	Propagação de erro	28
2.2	Momentum angular de Spin	29
2.3	Momentum angular orbital	30
2.4	Momentum angular total	32
2.5	Momentum angular específico	33
3	DADOS OBSERVACIONAIS	35
3.1	Análise e completeza das amostras	36
3.2	Propriedades físicas das amostras para o estudo do momentum angular estelar e planetário	37
3.2.1	<i>Velocidade de rotação projetada ($v \sin i$)</i>	37
3.2.2	<i>Massa</i>	38
3.2.3	<i>Raio estelar (R_{\odot})</i>	40
3.2.4	<i>Semi-eixo maior e excentricidade</i>	40
3.3	Diagrama HR e classificação estelar	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1	Momentum angular em estrelas com e sem planetas	43
4.2	Análise do momentum angular em sistemas planetários detectados por trânsito e velocidade radial	47
4.2.1	<i>Momentum angular estelar</i>	47
4.2.2	<i>Momentum angular planetário</i>	50
4.2.3	<i>Momentum angular total do sistema</i>	53
5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	59
	APÊNDICE A - PRINCIPAIS MÉTODOS DE DETECÇÃO PLANETÁRIA	61
A.1	Velocidade radial	61
A.2	Trânsito planetário	62

APÊNDICE B - EXTRATOS DAS AMOSTRAS PRESENTES NESSE ESTUDO 65
REFERÊNCIAS 100

1 INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento do momentum angular durante a vida estelar já gerou inúmeras pesquisas [1, 2, 3]. Recentes artigos, tal como Alves *et al.* [4], retratam a diferença entre o momentum angular de estrelas com e sem planetas, apontando uma estranha relação entre massa planetária e o momentum angular de spin e outros fazem análises do mesmo em sistemas com um planeta e multiplanetários [5]. A partir dessas pesquisas, podemos investigar um cenário mais profundo sobre os reais mecanismos de transferências de momentum angular em sistemas planetários e contrastar com aqueles que não tenham planetas detectados.

Em seu trabalho pioneiro, Kraft [6] mostrou um declínio repentino nas taxas de velocidade de rotação projetada ($v \sin i$) para massas estelares inferiores a $1,5 M_{\odot}$. Posteriormente, Kraft [7] mostrou que uma relação do tipo $J_{\star} \propto M_{\star}^{1,57}$, pode explicar o comportamento para além desse limite, onde J_{\star} denota o momentum angular de spin e M_{\star} a massa da estrela. Além disso, essa relação retrata de forma precisa as análises empíricas baseadas em outras pesquisas desenvolvidas anteriormente [8]. No entanto, para estrelas menos massivas que $1,5 M_{\odot}$ a forte influência do envelope convectivo afeta a relação J_{\star} - M_{\star} (ligação entre o momentum angular estelar versus massa estelar) [9]. A partir das descobertas de Kraft [7] e McNally [8] surgiram novas pesquisas, como Tarafdar e Vardya [10], que buscaram entender melhor a diferença de comportamento do momentum angular em função da massa estelar entre estrelas consideradas tardias e precoces. Além disso, o estudo momentum angular estelar mostrou ter uma ligação direta na formação planetária [11].

Um fator de extrema importância no estudo do momentum angular é a rotação [12]. Cujas a mesma tem um papel fundamental na formação e evolução das estrelas, sendo o parâmetro mais importante que governa o magnetismo estelar, mistura química no interior das estrelas e interações de marés em sistemas binários. Em particular, o papel desempenhado pela rotação no mecanismo de freio magnético foi destacado no trabalho seminal de Skumanich [13] desenvolvido na década de 70, mostrando uma relação entre rotação-idade ($v_{rot} \propto t^{-0,5}$), ao qual implica que estrelas da sequência principal diminuam sua taxa de rotação com a idade.

De acordo com a literatura (ver [14] e [15] e suas referências), a rotação das estrelas depende do seu tipo espectral (ou seja, massa) e idade, sendo que é esperado que estrelas de maior massa tenham rotações mais elevadas à uma dada idade quando comparadas às estrelas do tipo solar. Segunda a lei de Skumanich, é também esperado que estrelas single na sequência principal reduzam sua rotação a medida que envelhecem, mas o comportamento pode ser dramaticamente diferente se as estrelas hospedarem um ou mais planetas. A rotação estelar também afeta a geometria da estrela provocando um efeito de achatamento dos polos. Esse desvio de

simetria altera a temperatura nos polos em relação à temperatura do equador que se torna mais fria do que aquela e, conseqüentemente, a posição de uma estrela de alta rotação no diagrama HR deve ser revisitada [16]. Nesse sentido, a rotação que as estrelas adquirem durante sua formação faz surgir o momentum angular estelar (J_*) [17].

Em 2010, Alves *et al.*[4] comparam as taxas de J_* em estrelas com e sem planetas detectados. Com uma amostragem de 200 estrelas na plotagem de J_*-M_* (118 com planetas detectados e 82 sem planetas), os pesquisadores encontraram que estrelas com planetas favorecem taxas de momentum angular superiores aquelas que não tem planetas. Além disso, o referido artigo menciona uma dependência de J_* com a massa planetária (ou seja, estrelas que portam planetas cada vez mais massivos tendem a terem valores mais elevados de J_* , sendo uma explicação bastante plausível para o déficit de momentum angular em estrelas sem planetas).

Entretanto, Paz-Chinchón *et al.*[18] plotando a relação, J_*-M_* , para 131 estrelas KCP (sigla em inglês para Planetas Confirmados pelo Kepler), 193 KOI (sigla em inglês para Objetos de Interesse do Kepler) e $J_{tot}-J_*$ (momentum angular total do sistema em função do momentum angular estelar) para 38 estrelas de 131 KCP, observaram que não é clara uma dependência entre J_*-M_p (ligação entre momentum angular estelar versus massa planetária), ocorrendo uma discrepância com o trabalho de Alves *et al.*[4]. Já, a relação de Kraft, $J_* \propto (M_*/M_\odot)^\alpha$, está em concordância com os dados observados em ambos os artigos.

Em 2019, um trabalho intitulado: “Angular Momentum of Stars and their Planets”, escrito por Gurumath *et al.*[5] voltou a discutir os trabalhos de Alves *et al.*[4] e Paz-Chinchón *et al.*[18], mas dessa vez fazendo uma análise do momentum angular em sistemas com um planeta e multiplanetários.

A partir dos trabalhos citados acima, é possível entender que a distribuição de momentum angular em um sistema planetário é mais intrincada do que aparenta, levando a frequentes debates de resultados. Contudo, são de extrema importância para o escopo dessa dissertação.

Outra indagação levantada por Paz-Chinchón *et al.*[18], diz a respeito dos métodos utilizados para detecção de exoplanetas. Será, que existe diferenças na taxas de J_* em cada método? Por este motivo, o presente trabalho dará uma atenção especial aos métodos de trânsito e velocidade radial (VR) e como a relação, $J-M$, se comporta diante dos mesmos.

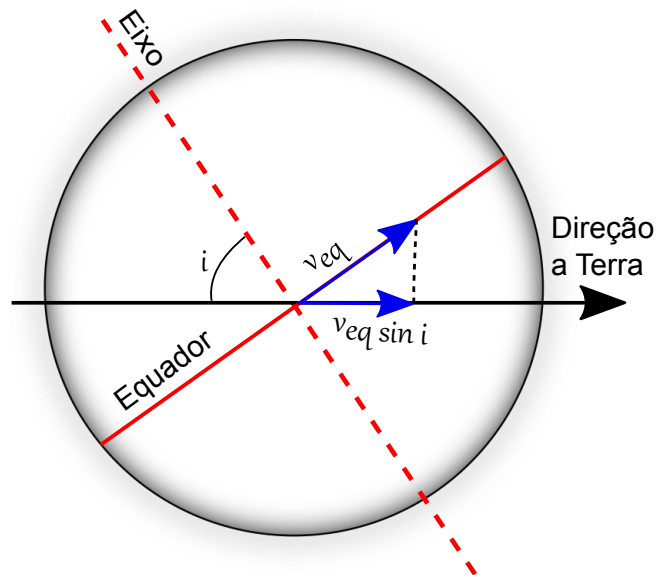
Portando, questões como J_* se distribuem em sistemas que possuem planetas ou não ainda permanecem em aberto, uma vez que existem poucas pesquisas fazendo este tipo de comparação. Outro fator, que gera indagações, está relacionado com uma possível conexão entre J_* e M_p , refutando a ideia que os planetas “roubam” parte do momentum original que deveriam pertencer as estrelas [19].

1.1 Rotação, massa e momentum angular estelar

A rotação é uma propriedade física essencial para o estudo de vários parâmetros estelares, pois trazem informações do interior estelar [20]. Estrelas apresentam $v \sin i$ ¹ que podem atingir algumas centenas de quilômetros por segundo (km/s), afetando sua simetria (para estrelas de altas rotações)[22]. O Sol tem uma velocidade de rotação de aproximadamente 2 km/s, alcançando uma volta aparente em pouco menos de um mês terrestre, mas o interessante fica por conta que o tempo de rotação muda com a latitude[23]. Essa inconsistência deve-se ao fato de que o Sol não se comporta como um corpo rígido (basicamente sendo uma esfera de plasma superaquecida), apresentando a chamada rotação diferencial² [24].

A partir do espectro estelar, podemos ter informações valiosíssimas sobre seus constituintes[26]. O movimento de rotação intrínseco da estrela leva a mudança na frequência das ondas devido ao efeito Doppler, como consequência, correm alargamentos nas linhas espectrais[27]. Por dependerem de aspectos geométricos para a obtenção da velocidade de rotação estelar (figura 1), o que se consegue medir, normalmente, é um valor mínimo ou aproximado da velocidade de rotação real[28], sendo escrito por:

Figura 1 – Ilustração das componentes responsáveis pela rotação estelar.



Fonte: Adaptado de Machado [29].

$$v_0 = v_{eq} \sin i, \quad (1.1)$$

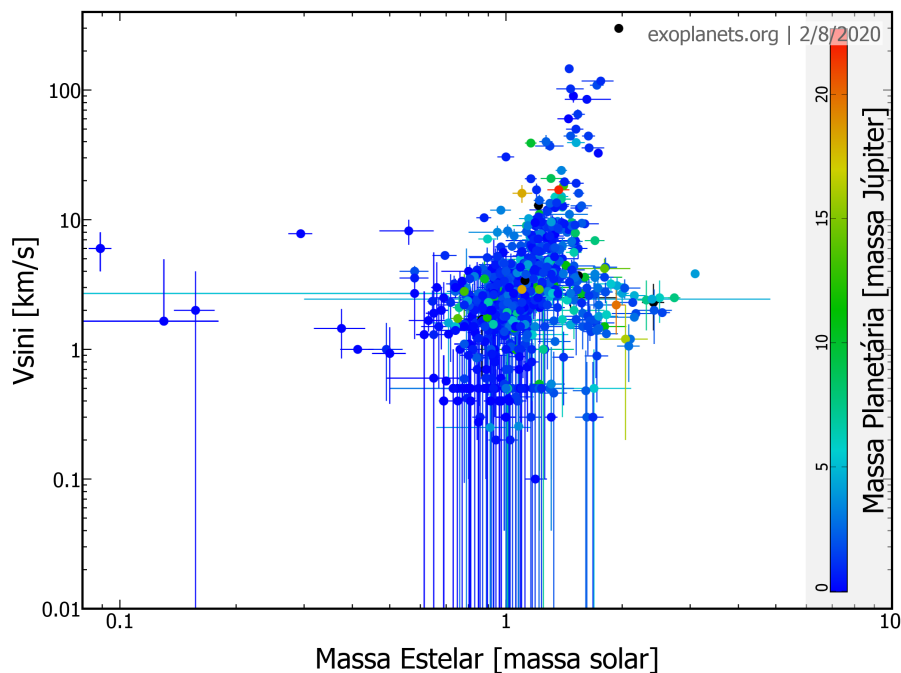
¹ $v \sin i$ ou velocidade de rotação projetada é uma boa estimativa para a velocidade de rotação real de uma dada estrela. Se assumimos a aleatoriedade nos eixos de rotações estelares, podemos estimar uma velocidade média de rotação dada por: $\langle v \rangle = 4/\pi \langle v \sin i \rangle$ [21].

²Em geral, as estrelas apresentam rotação diferencial, onde a turbulência da zona convectiva afeta a rotação estelar. Este mecanismo em algumas situações também favorece a redistribuição de momentum angular [25].

onde, v_{eq} é a velocidade equatorial e i é o ângulo de inclinação do eixo de rotação estelar em relação a linha de visada da observação.

Dados coletados sobre a distribuição de $v \sin i$, em função da massa estelar e planetária³, representado na figura 2, retrata que, de um total de 2538 estrelas, apenas 886 tem a velocidade de rotação projetada conhecida. Além disso, as mesmas possuem uma grande quantidade de planetas⁴ e apresentam baixas rotações, mostrando que estrelas tipo solar são bastante comuns na Via Láctea. A massa planetária se concentra em sua maioria entre 0,00371 a $5 M_J$, indicando ótimos indícios que objetos de baixas massas existem em grandes concentrações.

Figura 2 – Distribuição de $v \sin i$ em função da massa estelar e planetária.



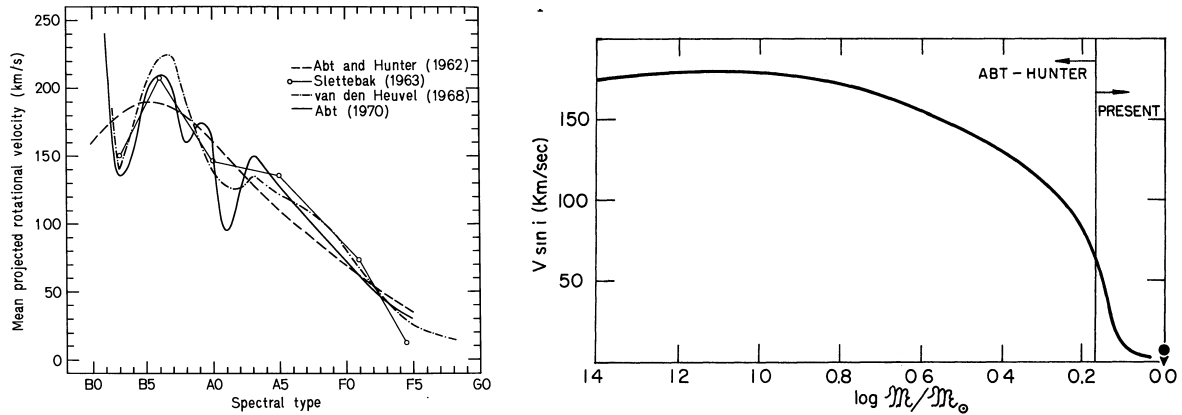
Fonte: Construído a partir dos dados contidos em <http://exoplanets.org/>.

Outro parâmetro de total importância é a massa estelar, na qual a mesma pode atingir de 0,08 a mais de $100 M_{\odot}$, controlando a vidas das estrelas [31]. Conexões entre, $v \sin i$, tipo espectral e massa solar são evidenciadas na figura 3, onde no lado esquerdo Bernacca *et al.*[15] apresentam uma junção de resultados presentes na literatura que retratam a mudança na velocidade de rotação projetada das estrelas com seu tipo espectral, podendo atingir valores superiores a 200 km/s na classe B. Enquanto, que no lado direito, Kraft [6] mostrou que, $v \sin i$ para massas superiores ao $\log(\sim 1,5 M/M_{\odot})$ seguem o modelo apresentado por Abt & Hunter [32], já para valores inferiores a este limite, as taxas de rotação caem abruptamente.

³<http://exoplanets.org/>

⁴A descoberta do primeiro exoplaneta orbitando uma estrela da sequência principal foi anunciado em 1995. Mayor *et al.*[30], encontraram um planeta (51 Pegasi b) com cerca da metade da massa de Júpiter, sobre os domínios gravitacionais da estrela (51 Pegasi) com aproximadamente $1,06 M_{\odot}$. A partir dessa fantástica descoberta, pesquisas sobre exoplanetologia se intensificaram. Atualmente, existe cerca 4521 exoplanetas catalogados (27/09/2021).

Figura 3 – Comportamento de $v \sin i$ em função da massa estelar (direita) e tipo espectral (esquerda).



Fonte: Retirado de Kraft e Bernacca *et al.* [6, 15].

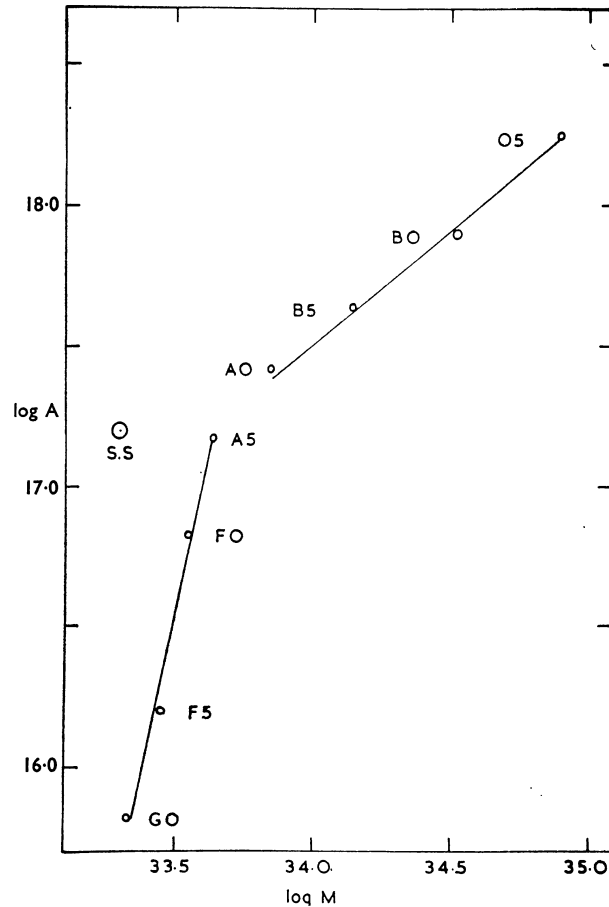
De forma clássica podemos expressar em magnitude, $J = I\omega$ (momentum angular), onde I é o momento de inércia e ω é a velocidade angular, que pode ser relacionada com a velocidade linear ($v = \omega R$). A figura 4, exhibe o comportamento de $\log j_*$ ($j_* = J_*/M_*$, chamado de momentum angular específico estelar) em função de $\log M_*$.

McNally[8], encontrou que estrelas consideradas precoces (O5-A0) apresentam, $J_* \propto M_*^{1,8}$ (o que é equivalente a $j_* \propto M_*^{0,8}$)⁵ e as estrelas tardias (A5-G0) apresentam, $j_* \propto M_*^{4,7}$. Esta diferença de comportamento pode ser explicado pelo tamanho e posição que a zona convectiva ocupa o interior estelar [9]. Ou seja, estrelas mais massivas que $1,5 M_\odot$ são formadas por: (1) uma região central chamada de núcleo, (2) uma pequena região convectiva e (3) uma porção radiativa, já estrelas entre $0,5$ a $1,5 M_\odot$, apresentam uma extensa zona convectiva e a mesma se encontra na região externa da estrela ficando abaixo a zona radiativa e o núcleo[29]. Assim, Kawaler [9] explica que, por possuírem uma pequena região convectiva, estrelas com $M > 1,5 M_\odot$ apresentam uma fraca interação entre vento-magnetismo estelar e com isso, as taxas de momentum angular não sofrem perdas significativas quando comparadas com estrelas de baixas massas ($M < 1,5 M_\odot$) [9]. Uma quebra acentuada (entre o espectro A0 e A5) é observada, levando McNally [8] a propor que a formação planetária seria responsável pela ruptura em J_*/M_* .

A zona convectiva, tem o papel de redistribuir a energia vinda do núcleo estelar, ajudando na formação do dínamo [29]. A massa é outro fator que irá determinar o quanto de energia a mesma possuirá, apresentando assim, uma rápida ou lenta rotação[22]. Por ter uma série de fenômenos que ocorrem simultaneamente, uma estrela na sequência principal tende a

⁵Nas últimas décadas, várias letras foram usadas para representar o momentum angular específico das estrelas, que em essência é o momentum angular de spin (J_*) por unidade de massa estelar (M_*). Assim, na presente dissertação o momentum angular específico estelar assume a letra j_* , expresso matematicamente como, $j_* \propto M_*^{(\alpha-1)}$, enquanto o momentum angular de spin pode ser representado como, $J_* \propto M_*^\alpha$.

Figura 4 – Relação de $\log j_*$ com $\log M_*$ em estrelas da sequência principal.



Fonte: Retirado de McNally [8]. Foi encontrado que estrelas do tipo espectral A5 a G0 fornecem, $j_* \propto M_*^{4,7}$ (linha sólida a esquerda), já para estrelas do espectro O5-A0, $j_* \propto M_*^{0,8}$ (linha sólida a direita). O Sistema Solar (SS) é ilustrado para efeito de comparação, sugerindo uma lei de potência superior as das estrelas da sequência principal. Também se observa uma quebra entre as duas leis de potências.

perder parte da sua rotação inicial (perca de momentum angular) com o decorrer da sua idade [13]. A conversão de massa em energia ($E = Mc^2$) que ocorre no seu interior, faz que as partículas carregadas que escapem interajam com as linhas de campo magnético afetando sua rotação [33].

Pela tabela 1 que menciona a distribuição de J para o Sistema Solar, fica evidenciado que a maior parte do momentum angular total se encontra nos planetas (99,5%), mesmo que o Sol contenha mais de 99% da massa total do sistema [34]. Isso retrata que durante sua formação, os planetas adquiriram uma significativa parcela do momentum inicial ao qual deveria pertencer ao Sol [35]. Além disso, a tabela 1 nos fornecem dados bem curiosos para os quatro planetas gasosos que compõem nosso Sistema Solar, mostrando que sistemas que possuem tais planetas apresentam taxas de momentum angular total bastantes expressivas. Outra questão fica por conta dos valores que os mesmos possuem em relação ao Sol, mesmo que os quatro juntos correspondam a cerca de 0,13% da massa total do sistema, fornecem taxas de momentum

Tabela 1: Comparação entre as taxas de momentum angular do Sol e seus oito planetas.

Corpo	Massa [10^{27} g]	a [AU]	e	J_{corpo} [$\text{g cm}^2/\text{s}$]	J_{corpo}/J_{total}
Sol	1989100	—	—	$1,69 \cdot 10^{48}$	0,005
Mercúrio	0,3302	0,3871	0,2056	$8,96 \cdot 10^{45}$	$< 0,001$
Vênus	4,8685	0,7233	0,0068	$1,85 \cdot 10^{47}$	$< 0,001$
Terra	5,9736	1,0000	0,0167	$2,66 \cdot 10^{47}$	$< 0,001$
Marte	0,64185	1,5237	0,0934	$3,52 \cdot 10^{46}$	$< 0,001$
Júpiter	1898,6	5,2028	0,0485	$1,93 \cdot 10^{50}$	0,612
Saturno	568,46	9,5428	0,0555	$7,81 \cdot 10^{49}$	0,248
Urano	86,832	19,1921	0,0463	$1,69 \cdot 10^{49}$	0,054
Netuno	102,43	30,0689	0,009	$2,50 \cdot 10^{49}$	0,079
Total planetas	2668,1			$3,13 \cdot 10^{50}$	0,995
total sistema	1991800			$3,15 \cdot 10^{50}$	1,000

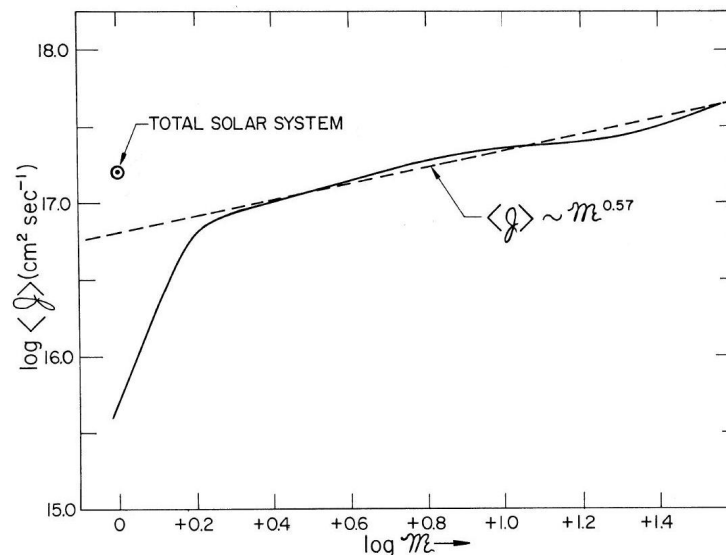
Fonte: Retirado e adaptado de Irwin [34].

angular superiores a sua estrela hospedeira.

1.2 Lei de Kraft e as técnicas de detecção de exoplanetas

A partir dos trabalhos de Kraft [6] e McNally [8], outras pesquisas se seguiram para entender a relação $J_{\star}-M_{\star}$ em estrelas dentro e fora da sequência principal. Para estrelas mais massivas que $1,5 M_{\odot}$, como mostrado na figura 5, Kraft [7] notou uma dependência de

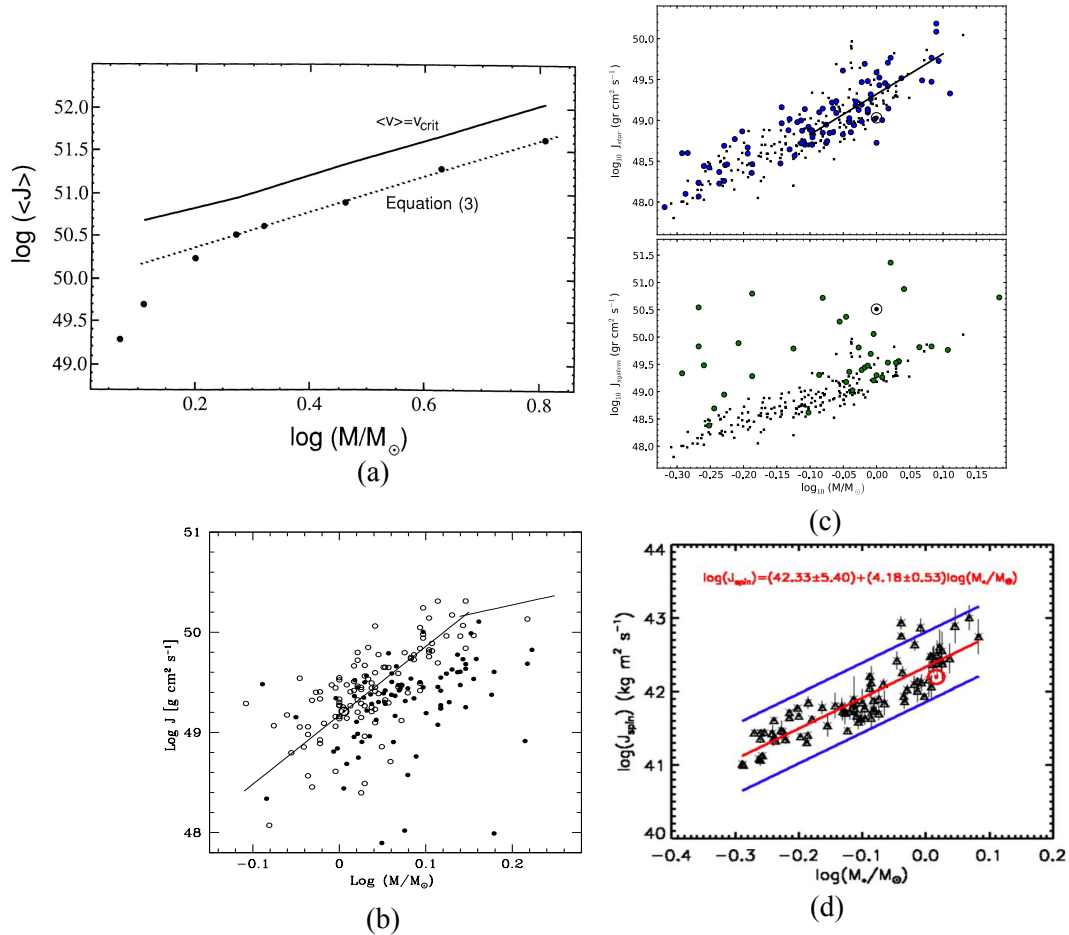
Figura 5 – Relação $\langle j_{\star} \rangle \propto M_{\star}^{(\alpha-1)}$ para 375 estrelas de Kraft (1970).



Fonte: Retirado de Kraft [7]. A linha tracejada representa um comportamento obtido por Kraft em 1970, onde o mesmo notou que estrelas com $M_{\star} > 1,5 M_{\odot}$ seguem uma lei de potência, $J_{\star} \propto M_{\star}^{1,57}$. A média desses valores (linha sólida) oscilam em torno da linha tracejada, no entanto, abaixo de $1,5 M_{\odot}$ essa média segue uma nova tendência, mostrando que o resultado que Kraft obteve se trata de uma íntima conexão entre $J_{\star}-M_{\star}$. O Sistema Solar é plotado na mesma figura, possuindo valores que superam todas as estrelas em seu estudo.

$J_{\star} \propto M_{\star}^{1,57}$ ou $\langle j_{\star} \rangle \propto M_{\star}^{0,57}$ (linha tracejada). Posteriormente os trabalhos de Kraft [7] foram revisitados por Kawaler [9]. Onde, o mesmo verificou a mesma lei de potência prevista por Kraft [7] com o expoente mais elevado (figura 6 (a)). Para estrelas mais massivas que $1,5 M_{\odot}$

Figura 6 – Alguns ajustes (linhas) da lei de Kraft encontrados na literatura.



Fonte: Retirado de Alves *et al.* [4], Gurumath *et al.* [5], McNally [8] e Paz-Chinchón *et al.* [18].

obteve, $J_{\star} \propto M_{\star}^{2,09 \pm 0,05}$ (linha tracejada), também é plotado (linha sólida) o comportamento de $J_{\star}-M_{\star}$, caso tais estrelas tivessem uma velocidade crítica de rotação ($v_{crit} = \sqrt{GM_{\star}/R_{\star}}$), resultando em valores superiores de momentum angular. Para baixas massas ($M < 1,5 M_{\odot}$), a forte influência do envelope convectivo reduz as taxas de J [9].

O uso de um ajuste (linha) passou a ser utilizado para expressar, $J_{\star} \propto M_{\star}^{\alpha}$. Essa ligação, entre momentum angular e massa estelar passou a ser conhecida como lei de Kraft. Artigos como, Alves *et al.*[4] demonstram a relação mencionada, onde em 2010 a mesma executou uma comparação de, $J_{\star}-M_{\star}$, para estrelas com e sem planetas (figura 6 (b)). Obtendo, que estrelas sem planetas (círculos fechados) apresentam déficit de momentum angular em relação as estrelas hospedeiras (círculos abertos), mencionando uma possível conexão entre $J_{\star}-M_p$. Em 2015, Paz-Chinchón *et al.*[18], mostrou que a relação entre momentum angular estelar e massa planetária não é clara como proposta por Alves *et al.*[4]. Chegando, $J_{\star} \propto M_{\star}^{\alpha}$, com

$\alpha = 4,9 \pm 1,4$ (figura 6(c)). Em 2019, Gurumath *et al.*[5], com uma amostra de 363 exoplanetas orbitando cerca de 289 estrelas, apontou uma relação entre $J_{tot}-M_p$. Além disso, mencionou que para estrelas alcançarem a sequência principal devem ter valores de momentum angular igual ou maior a $10^{38} \text{ kg m}^2/\text{s}$ ($M \geq 0,08M_{\odot}$). Conseguindo, $J_{\star} \propto (\frac{M_{\star}}{M_{\odot}})^{4,18 \pm 0,53}$ (figura 6 (d)), o que é bem próximo do resultado encontrado por Paz-Chinchón *et al.*[18] e Kraft[6].

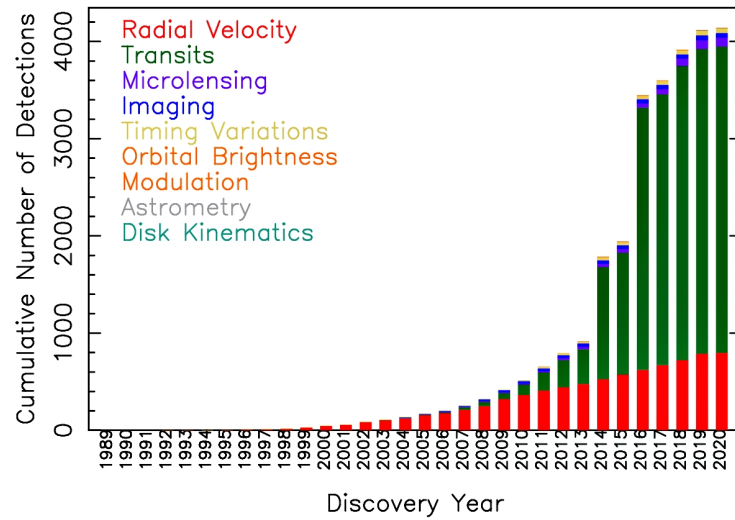
A utilização de diferentes métodos para detecção de exoplanetas⁶, são empregados em diferentes pesquisas da literatura. Por exemplo, Alves *et al.*[4] faz uso da técnica de velocidade radial em suas amostras de estrelas com e sem planetas detectados. Por outro lado, Paz-Chinchón *et al.*[18] usa o método de trânsito, sendo essa uma das explicações apresentados pelos mesmos, para argumentar sobre o contraste de resultados com o trabalho de Alves[4, 18]. Observando estes dois estudos, surge a seguinte pergunta: será que a utilização de diferentes métodos para a descoberta de planetas extrasolares influencia nas taxas de momentum angular? Listaremos abaixo as principais técnicas para detectar exoplanetas, apontando rapidamente suas vantagens e desvantagens.

1. **Velocidade radial:** Este método consiste em analisar mudanças na velocidade radial (em relação a Terra) que um planeta causa em sua estrela hospedeira⁷ [36]. É utilizado desde as primeiras descobertas de exoplanetas e é atualmente o segundo método que mais encontra planetas extrasolares (figura 7), sendo bastante sensível as taxas de velocidade radial[34], além de descobrir planetas bem próximos de estrelas, funcionando bem para distâncias em torno de 160 anos-luz.
2. **Trânsito:** Consiste em observar diminuições no brilho aparente da estrela, quando um planeta passa em frente a linha de visão de um observador na Terra[34]. Neste caso a fotometria pode ser usada, indicando a assinatura da presença planetária (curva de luz)[38], a grande desvantagem dessa técnica são aspectos geométricos para sua observação[36]. Por outro lado, através da chamada curva de luz, podemos ter a informação do raio planetário[36]. Essa técnica depende também de aspectos físicos estelares e planetários (tamanho e distância entre estrela-planeta, principalmente) para sua obtenção, logo a um favorecimento na observação do trânsito de planetas gigantes bem próximos de suas estrelas (Júpiteres quentes), quando comparados com aqueles de porte terrestre[38]. Em geral, trânsito e velocidade radial se complementam na busca por novos exoplanetas, nos dias

⁶Um exoplaneta é um corpo celeste que se enquadre na categoria de planeta e que esteja sobre os domínios gravitacionais de uma estrela fora do Sistema Solar ao qual pertence o Sol[36].

⁷Essa interação é extremamente sensível a distância de separação entre ambos e a massa planetária, ou seja, quanto maior a massa do planeta e mais próximo o mesmo estiver de sua estrela, maior será a oscilação que a mesma irá sofrer e vice-versa[36]. Por exemplo, Júpiter um planeta gasoso com mais de $317M_{\oplus}$ provoca no Sol uma perturbação de 12 m/s em sua velocidade radial, enquanto a Terra provoca 9 cm/s, sendo assim, mais fácil a detecção de um planeta com porte de Júpiter [37]. Se valendo do efeito doppler, podemos inferir a velocidade de afastamento ou aproximação estelar em relação a Terra em função do deslocamento nas linhas espectrais[37].

Figura 7 – Principais técnicas empregadas para detecção de exoplanetas.



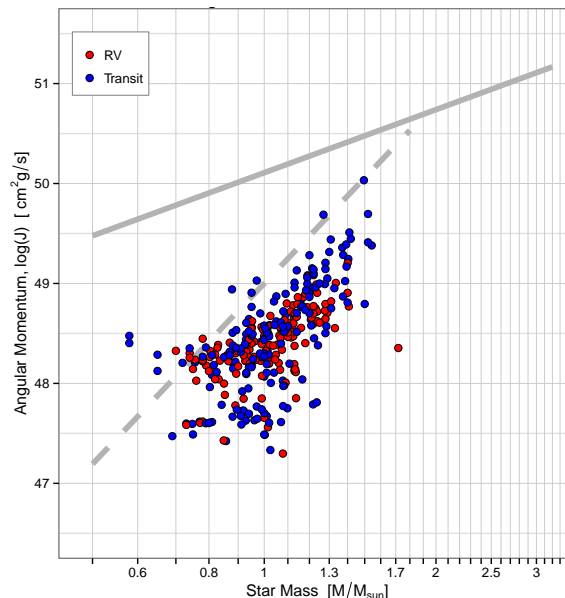
Fonte: Retirado de <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>

atuais, existe mais de 4000 exoplanetas descobertos e o método de trânsito é responsável pela grande parte desse feito.

Outras técnicas como: astrometria, detecção direta, cronometria de pulsares e microlentes gravitacionais, são poucas empregadas devido as limitações apresentadas pelos diferentes métodos[36].

Irwin[34] examinou 316 estrelas (ver figura 8) da sequência principal (141 com

Figura 8 – Momentum angular de spin em função da massa estelar para 316 estrelas hospedeiras da sequência principal.



Fonte: Retirado de Irwin[34]. Os dados por trânsito são representados por círculos fechados azuis e velocidade radial por círculos fechados vermelhos. A linha tracejada é um modelo para representar o momentum angular de spin para as estrelas hospedeiras em seu estudo e a linha sólida representa as taxas de momentum angular assumindo velocidades críticas de rotações.

planetas localizados por velocidade radial e 175 com planetas descobertos por trânsito) na plotagem de $J_{\star}-M_{\star}$, encontrando que os dados por trânsito favorecem estrelas com altas taxas de momentum angular em comparação aos por velocidade radial (estrelas de baixas rotações), propondo como explicação, que o método de trânsito não porta o viés na sensibilidade da rotação estelar.

Ao observar os dados de Irwin[34], é perceptível que cada técnica possuem taxas diferentes de momentum angular de spin, com isso, se torna importante que a amostra que será segregada, contenha dados de apenas uma das técnicas mencionadas. Assim, a menção feita por Paz-Chinchón *et al.*[18] em seu trabalho de 2015, sobre as métodos de detecção de exoplanetas influenciarem no estudo do momentum angular estelar estão bastantes precisas.

1.3 Objetivos deste trabalho

Os principais objetivos dessa dissertação são:

- Investigar a relação $J_{\star}-M_{\star}$ em estrelas da sequência principal e ramos evoluídos com e sem planetas detectados, buscando entender de forma mais profunda os mecanismos responsáveis pelas transferências de momentum angular.
- Analisar duas amostras contendo dados por trânsito e velocidade radial, a fim, de verificar como as mesmas se comportam diante das mais varias formas de se representar o momentum angular em função da massa planetária e estelar. Assim, podemos responder as seguintes perguntas:
 1. Existe de fato uma relação entre momentum angular de spin e massa planetária?
 2. Existe diferenças consideráveis entre o momentum angular de spin em estrelas com planetas detectados por velocidade radial e trânsito?
 3. Aonde se concentra de fato a maior parcela do momentum angular total de um sistema (estrela + planetas)?

1.4 Plano de trabalho

No primeiro capítulo, foi levantada um arcabouço teórico dos principais trabalhos sobre o estudo do momentum angular em estrelas e seus planetas. Apontando uma lei fundamental entre, $J_{\star}-M_{\star}$, mostrada de forma mais consistente por Kraft[6, 7], onde a partir disso, novos trabalhos sugeriram mostrando possíveis conexões entre, $J_{\star}-M_p$ e $J_{tot}-M_p$. Abordamos também o uso das principais técnicas de detecção planetária para analisar os valores de momentum angular, conforme proposto por Paz-Chinchón *et al.*[18].

No segundo capítulo, apresentamos o conceito de momentum angular classicamente, introduzindo o mesmo no campo da astrofísica estelar. Abordamos também as mais variadas formas de representam o momentum angular estelar e planetário, introduzindo através da estatística o erro dessa grandeza, com base nos dados coletados.

No terceiro capítulo, introduzimos os dados observacionais extraídos de: Lanzaflame *et al.*[39], Jofré *et al.*[40], NASA Exoplanet Archive[41] e The Exoplanet Orbit Database[42], apresentando a completeza dos dados e as propriedades físicas essenciais para o estudo do momentum angular estelar, planetário e total.

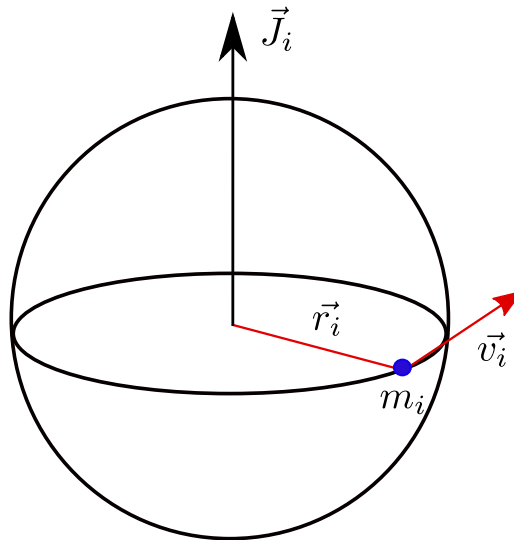
No quarto capítulo, apresentamos os principais resultados desse trabalho, dando um enfoque maior naqueles que merecem mais cuidado da nossa parte.

No quinto capítulo, conclusões e perspectivas para futuras pesquisas são apresentadas.

2 MOMENTUM ANGULAR: UMA VISÃO GERAL

O momentum angular (\vec{J}) é uma grandeza física fundamental no estudo da rotação[43]. No SI (Sistema Internacional de Unidades), sua unidade de medida é: $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, sendo por definição o produto vetorial entre o vetor posição e o vetor momento linear ($\vec{J} = \vec{r} \times \vec{p}$). Obedecendo a regra da mão direita, o vetor \vec{J} pode ser encontrado de tal forma que o mesmo seja perpendicular a \vec{r} e \vec{p} (ponto de origem no plano do movimento)[44]. Considerando uma estrela como um corpo rígido¹, podemos chegar a uma devida representação para o momentum angular[45]. A figura 9, ilustra o movimento de rotação para uma estrela em torno do seu próprio eixo, considerando inicialmente apenas um elemento de massa m_i com velocidade \vec{v}_i que esteja a uma distância \vec{r}_i e em movimento ao redor do centro da estrela (ponto de origem do sistema). Com isso, aparecerá \vec{J}_i devido ao movimento do enésimo elemento de massa estelar. A representação total, para o momentum angular se dará através da soma de \vec{J}_i de cada elemento de massa, logo:

Figura 9 – Representação do momentum angular para enésima partícula no interior estelar.



Fonte: Autor

$$\vec{J} = \sum_{i=1}^N \vec{J}_i = \sum_{i=1}^N \vec{r}_i \times \vec{p}_i, \quad (2.1)$$

Em módulo, $p_i = m_i v_i$, em que a velocidade linear ao qual se encontra a enésima partícula de massa m_i pode ser relacionada com a velocidade angular ($v_i = \omega r_i$), assim a

¹Corpo Rígido: É uma idealização física, onde a distância entre duas ou mais partículas que constituem o corpo não se altera no tempo. Sobre efeito de rotação, suas partículas terão a mesma velocidade angular[44].

equação 2.1 em módulo pode ser escrita como:

$$J = \sum_{i=1}^N r_i r_i m_i \omega = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2 \omega, \quad (2.2)$$

Apresentando a ideia de momento de inércia, um determinado corpo naturalmente oferece certa dificuldade de alterar seu estado (parado ou em movimento retilíneo uniforme, por exemplo)[44]. Sendo, o momento de inércia por definição:

$$I = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2, \quad (2.3)$$

Portanto, substituindo a equação 2.3 em 2.2, temos que:

$$J = I\omega. \quad (2.4)$$

A expressão 2.4, será alvo central nessa dissertação. Seguindo o caminho proposto por Alves *et al.*[4] e Gurumath *et al.*[5], encontramos as variações de J e relacionamos com massa estelar e planetária.

2.1 Propagação de erro

Qualquer instrumento de medição apresenta um certo grau de incerteza nos valores das grandezas que estão sendo aferidas, onde com o estudo da propagação de incertezas podemos acompanhar o desenvolvimento das mesmas e estimar a incerteza total de determinada grandeza que é subproduto de outras variáveis[46]. Para variáveis independentes, a propagação de incertezas pode ser encontrada seguindo uma derivação parcial[47], em que matematicamente, a derivada parcial (erro bruto da função f) é expressa:

$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2 + \dots}, \quad (2.5)$$

Essa pesquisa considerou o procedimento usado por Irwin [34] para encontrar os erros das variações de momentum angular. Assim, inicialmente devemos tomar o erro bruto de J (usando a forma de momentum angular pretendida) e a partir do mesmo calcular o limite superior (valor bruto de J + erro bruto de J) e inferior (valor bruto de J - erro bruto de J) (abordagem assimétrica), em seguida aplicamos a função log nos dois limites subtraindo

$\log(\text{superior})$ do $\log(\text{inferior})$ e dividindo por 2. Assim, encontramos o erro de $\log(J)$. Logo:

$$J_{\text{superior}} = J_{\text{bruto}} + \sigma_{J_{\text{bruto}}} \quad (2.6a)$$

$$J_{\text{inferior}} = J_{\text{bruto}} - \sigma_{J_{\text{bruto}}} \quad (2.6b)$$

$$\sigma_{\log J_{\text{bruto}}} = \frac{[\log(J_{\text{superior}}) - \log(J_{\text{inferior}})]}{2} \quad (2.6c)$$

Portanto, partindo da forma escolhida para se representar o momentum angular, calculamos a mesma juntamente com seu erro bruto (usando a equação 2.5), em seguida usamos: 2.6a , 2.6b e 2.6c , podendo assim, estimar: $\log(J \pm \sigma_J)$. Este artifício matemático foi utilizado mais adiante, quando calculamos as variações de J e seus erros brutos.

2.2 Momentum angular de Spin

A rotação intrínseca de uma estrela em torno de seu próprio eixo faz surgir o momentum angular estelar ou de spin (J_{\star} ou J_{spin})(figura 9)[5]. Assumindo, que as estrelas se comportem como corpos rígidos[4], o momentum angular é dado pela equação 2.4 , assim usando a simetria esférica (estrelas de baixas rotações) como uma ótima aproximação para uma estrela, o momento de inércia se torna:

$$I_{\star} = \frac{2M_{\star}R_{\star}^2}{5}, \quad (2.7)$$

na qual, M_{\star} e R_{\star} são massa e raio estelar, respectivamente. Por ser tratada como um corpo rígido, sua rotação possui a mesma velocidade angular ω , logo podemos escrever:

$$\omega = \frac{v_0}{R_{\star}}, \quad (2.8)$$

Agora, fazendo uso da expressão 1.1, e substituindo em 2.8, temos:

$$\omega = \frac{v_e \sin i}{R_{\star}}, \quad (2.9)$$

Por fim, tomando a equação 2.7, 2.9 e colocando em 2.4, alcançamos o resultado esperado:

$$J_{\star} = \left(\frac{v \sin i}{R_{\star}} \right) I_{\star} = \frac{2 v \sin i M_{\star} R_{\star}}{5}. \quad (2.10)$$

O ato de medir sempre gera uma incerteza de valores[47]. Como J_{\star} depende da massa, raio e $v \sin i$ estelar, que já carregam imprecisões devido as limitações instrumentais, o mesmo terá um erro na sua obtenção[34]. A partir desse arcabouço matemático, a construção do erro bruto de J_{\star} é possível. Utilizando a expressão 2.10 e substituindo em 2.5 , temos que:

$$\sigma_{J_{\star}} = J_{\star} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{v \sin i}}{v \sin i} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{M_{\star}}}{M_{\star}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R_{\star}}}{R_{\star}} \right)^2}. \quad (2.11)$$

Outra maneira de representar o momentum angular de spin é através do período de rotação estelar²[5]. Com isso, eliminamos a incerteza em $v \sin i$ diminuindo a dispersão dos dados ao plotar J_\star - M_\star . Fazendo, $\omega = \frac{2\pi}{P_\star}$ e utilizando na equação 2.4 o resultado fica:

$$J_{spin} = \frac{2\pi}{P_\star} I_\star = \frac{4\pi M_\star R_\star^2}{5 P_\star}. \quad (2.12)$$

O erro bruto em J_{spin} é estimado levando em consideração as incertezas na massa (M_\star), raio (R_\star) e período de rotação (P_\star) das estrelas. Logo, usando a equação 2.5 encontramos que:

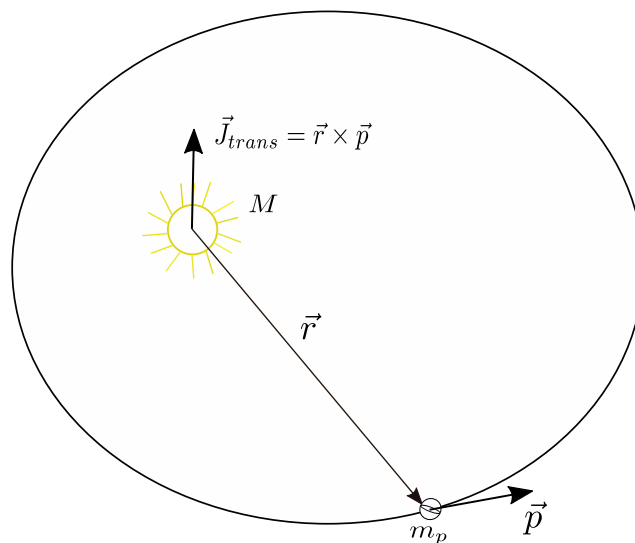
$$\sigma_{J_{spin}} = J_{spin} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{M_\star}}{M_\star}\right)^2 + \left(\frac{2\sigma_{R_\star}}{R_\star}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{P_\star}}{P_\star}\right)^2}. \quad (2.13)$$

Com o uso da equação 2.10 ou 2.12 e relacionando com a massa estelar, é possível construir a relação de Kraft[6]. Em seguida, utilizando a expressão 2.11 ou 2.13, dependendo do caminho escolhido para a construção do momentum angular de spin, podemos inserir o erro na plotação de J_\star - M_\star .

2.3 Momentum angular orbital

Agora, em vez de consideramos uma estrela girando em torno de seu próprio eixo, analisamos um único planeta de massa m_p que tenha um movimento orbital em volta do centro de massa de uma estrela de massa M (figura 10). Assim, surgirá um momentum angular orbital (\vec{J}_p) devido a translação do planeta, dado por:

Figura 10 – Representação do momentum angular de translação planetário .



Fonte: Autor

² J_\star e J_{spin} , trata-se da mesma representação de momentum angular gerado devida a rotação própria da estrela. Entretanto, J_\star depende de $v \sin i$ e J_{spin} do período de rotação estelar (P_\star)[5].

$$\vec{J}_p = \vec{J}_{trans} = \vec{r} \times \vec{p} \quad (2.14)$$

Caso um sistema abrigue mais de um exoplaneta, a somatória de cada momentum angular orbital individual resultará em $J_{p,total}$, em módulo [34]. Conforme, mostrado em detalhes por Arbab *et al.* [48], J_p em módulo pode ser escrito como:

$$J_p = m_p \sqrt{G M_\star a (1 - e^2)}, \quad (2.15)$$

onde, G , M_\star , m_p , a e e são: constante gravitacional, massa estelar, massa planetária, semi-eixo maior e excentricidade, respectivamente. A equação 2.15, é usada nos estudos de Berget & Durrance [49] e Gurumath *et al.*[5], sendo uma aproximação da expressão usada por Paz-Chinchón *et al.*[18], por exemplo. Em que:

$$J_{tot} = \mu \sqrt{G (M_\star + m_p) a (1 - e^2)} \quad (2.16)$$

A expressão mostrada na equação 2.16 se trata do momentum angular total (estrela + planetas), onde μ é a massa reduzida[18]. Se consideramos a massa do planeta desprezível em comparação a massa estelar ($M_\star \gg m_p$), podemos modificar 2.16 retornando a equação 2.15 [34]. O erro bruto em J_p , é estimado seguindo os passos da seção 2.1, ou seja, utilizando a equação 2.15 e substituindo em 2.5 obtemos:

$$\sigma_{J_p}^2 = \left(\frac{\partial J_p}{\partial m_p} \right)^2 \sigma_{m_p}^2 + \left(\frac{\partial J_p}{\partial M_\star} \right)^2 \sigma_{M_\star}^2 + \left(\frac{\partial J_p}{\partial a} \right)^2 \sigma_a^2 + \left(\frac{\partial J_p}{\partial e} \right)^2 \sigma_e^2, \quad (2.17)$$

Resolvendo a derivação parcial presente na equação 2.17 encontramos:

$$\begin{aligned} \sigma_{J_p}^2 &= \left(\sqrt{G M_\star a (1 - e^2)} \right)^2 \sigma_{m_p}^2 + \left(\frac{m_p G a (1 - e^2)}{2 \sqrt{G M_\star a (1 - e^2)}} \right)^2 \sigma_{M_\star}^2 \\ &+ \left(\frac{m_p G M_\star (1 - e^2)}{2 \sqrt{G M_\star a (1 - e^2)}} \right)^2 \sigma_a^2 + \left(-\frac{m_p G M_\star a e}{\sqrt{G M_\star a (1 - e^2)}} \right)^2 \sigma_e^2, \end{aligned} \quad (2.18)$$

Fazendo as devidas operações matemáticas, em seguida dividindo toda expressão acima por $\left(m_p \sqrt{G M_\star a (1 - e^2)} \right)^2$, isto é, por $J_p^2 = m_p^2 G M_\star a (1 - e^2)$:

$$\frac{\sigma_{J_p}^2}{J_p^2} = \left(\frac{\sigma_{m_p}}{m_p} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{M_\star}}{2M_\star} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_a}{2a} \right)^2 + \left(\frac{e \sigma_e}{(1 - e^2)} \right)^2, \quad (2.19)$$

Rearranjando os termos da equação 2.19, obtemos o resultado para erro bruto em J_p :

$$\sigma_{J_p} = J_p \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_{m_p}}{m_p} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{M_\star}}{2M_\star} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_a}{2a} \right)^2 + \left(\frac{e \sigma_e}{(1 - e^2)} \right)^2} \quad (2.20)$$

2.4 Momentum angular total

A distribuição de momentum angular em um sistema formado por um ou mais planetas e uma estrela é bastante complexo[34]. Mas, através do estudo da interação estrela-planeta é possível estimar sua componente total[18], na qual a contribuição da rotação estelar mais o movimento de translação que o planeta executa em volta da mesma gera uma componente total de momento angular, chamada de momentum angular total[5]. Logo:

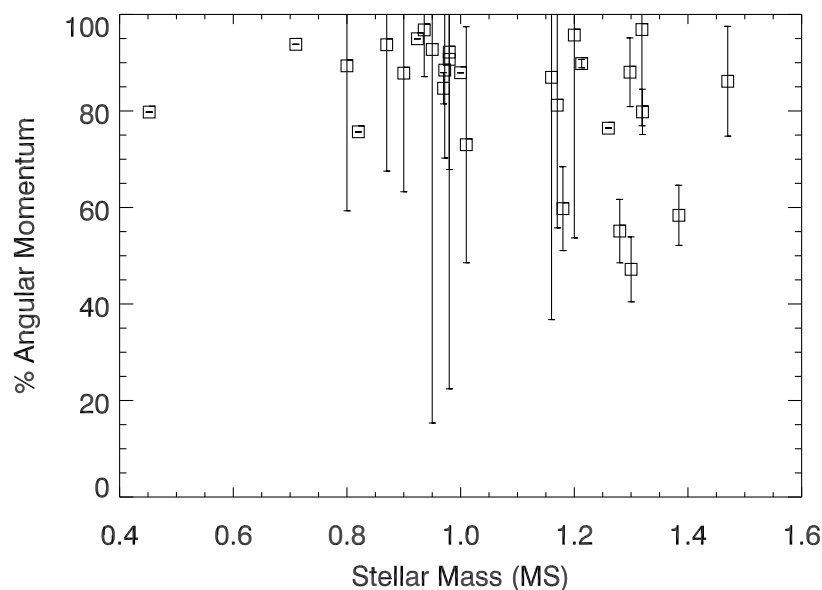
$$J_{tot} = J_p + J_*, \quad (2.21)$$

onde J_{tot} é um vetor que é igual a somatória de dois outros vetores, sendo ambos representados em magnitude na equação 2.21. Em que, J_p , é o momentum angular orbital do planeta e, J_* , é o momentum angular de spin da estrela. Essa forma de representar o momentum angular é mencionado por Gurumath *et al.*[5], encontrando uma relação entre J_{tot} e massa estelar [$J_{tot} \propto (\frac{M}{M_\odot})^{3,97 \pm 0,31}$]. O erro bruto em J_{tot} é calculado usando a equação 2.5 e 2.21, portanto:

$$\sigma_{J_{tot}} = \sqrt{\sigma_{J_p}^2 + \sigma_{J_*}^2}. \quad (2.22)$$

O momentum angular total pode nos fornecer pistas de como funciona a interação estrela-planeta[49]. Dados coletados do nosso sistema, mostram discrepâncias entre as porcentagens de J_{tot} encontrados nos planetas em comparação ao Sol[35]. Entretanto, estudos como Berget & Durrance [49] demonstram que em sistemas planetários extrasolares (figura 11)

Figura 11 – Porcentagens de momentum angular total encontrados nos planetas para 28 sistemas extrasolares.



Fonte: Retirado de Berget e Durrance [49]

a maior parcela do momentum angular total se encontra nos planetas não sendo apenas uma peculiaridade do nosso Sistema Solar. As porcentagens exibem que a maioria dos sistemas utilizados em seu estudo, os planetas retêm mais de 50% de J_{tot} mesmo levando em consideração as taxas de erros (linhas verticais). Isso reflete, que a formação planetária influi significativamente na distribuição de momentum angular total do sistema[35].

No capítulo 4, apresentamos um estudo igual aos dos referidos autores com uma amostragem maior, na busca por confirmar seus resultados e entender melhor como as taxas de momentum angular se distribuem em sistemas planetários. A equação 2.21 foi utilizada para examinar a relação de J_{tot} com a massa estelar e planetária, com a finalidade de verificar os resultados apresentados por Alves *et al.*[4], Paz-Chinchón *et al.*[18] e Gurumath *et al.*[5].

2.5 Momentum angular específico

A forma mais comum de representar o momento angular estelar é conhecida como momentum angular específico, cujo na perspectiva estelar pode ser representado por $j_{\star} = \frac{J_{\star}}{M_{\star}}$ (símbolo adotado nesse estudo). Com o viés de não depender da massa estelar, sua medida no SI é: $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$, onde o expoente α da lei de kraft ($J_{\star} \propto M_{\star}^{\alpha}$), é representado:

$$j_{\star} = \frac{J_{\star}}{M_{\star}} \propto \frac{M_{\star}^{\alpha}}{M_{\star}} \propto M_{\star}^{\alpha-1} \quad (2.23)$$

Kraft [7], encontrou uma lei de potência, $\langle j_{\star} \rangle \propto M_{\star}^{0,57}$, para estrelas mais massivas que $1,5M_{\odot}$, retratado pela equação 2.23. No caso da investigação apenas do momentum angular estelar (J_{\star}), sua relação se tornaria $J_{\star} \propto M_{\star}^{1,57}$, note, que ambas expressam leis equivalentes. Estimamos o erro bruto em j_{\star} como sendo:

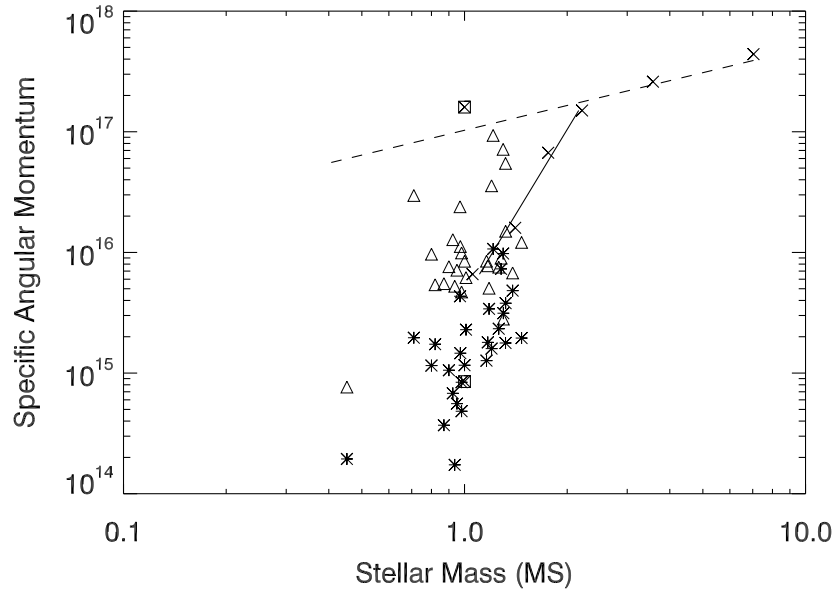
$$\sigma_{j_{\star}} = j_{\star} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{J_{\star}}}{J_{\star}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{M_{\star}}}{M_{\star}}\right)^2} \quad (2.24)$$

O momentum angular específico, pode ser evidenciado também para os planetas ($j_p = \frac{J_p}{m_p}$) ou até mesmo $j_{tot} = \frac{J_{tot}}{m_p + M_{\star}}$, sendo o último uma interação total do sistema (estrela + planetas), deste modo, a representação do momentum angular por unidade de massa se estende para qualquer estudo (estelar, planetário ou estrela-planetas) tomando apenas o devido cuidado na troca dos índices e letras de acordo com estudo abordado.

Berget *et al.*[49] analisam o momentum angular específico estelar para 28 sistemas extrasolares, encontrando que estrelas hospedeiras (asteriscos) são inferiores as do estudo de

McNally[8] (cruzes)³, como mostra a figura 12. O Sol (caixa inferior) acompanha a região ocu-

Figura 12 – Momentum angular específico versus massa estelar para os dados de Berget & Durrance (2010) e McNally (1965).



Fonte: Retirado de Berget e Durrance [49]

pada pelas estrelas com planetas e o Sistema Solar (caixa superior) sugere uma alta concentração de momentum angular por unidade de massa, além disso, j_{tot} (momentum angular específico total do sistema) aparecem na forma de triângulos com valores superiores aos de j_* (momentum angular específico estelar) [49].

³Este resultado é o oposto ao apresentado por Alves *et al.*[4] (ver artigo), no entanto, estes dois estudos abrem uma discussão entre a diferença nas taxas de momentum angular em estrelas com e sem planetas. Assim, tomando como base estes dois trabalhos apresentamos no capítulo 4 uma análise envolvendo 355 estrelas da sequência principal com e sem planetas confirmados visando trazer à tona os resultados apresentados por Berget *et al.*[49] e Alves *et al.*[4].

3 DADOS OBSERVACIONAIS

Nesse capítulo, apresentamos as principais propriedades físicas presentes nas amostras para o estudo do momentum angular estelar, planetário e total. Para isso, usamos uma amostragem total de 578 estrelas em diferentes estágios evolutivos (355 da sequência principal e 223 do ramo das gigantes e subgigantes (ver tabela 2)).

Tabela 2: Informações para 578 estrelas em diferentes estágios evolutivos presente nessa pesquisa

Classe Estelar	Método Empregado		Nº Estrelas
	VR	Trânsito	
SP	131	224	355
Gigantes	157	0	157
Subgigantes	66	0	66
Total			578

Fonte: Autor.

257 de 355 estrelas são da sequência principal e tem planetas confirmados e foram catalogados de The Exoplanet Orbit Database¹[42] (131 estrelas do tipo espectral F, G e K, na qual 102 pertencem a sistemas com um planeta (uma estrela + um planeta) e 29 a sistemas multiplanetários (uma estrela + dois ou mais planetas), hospedando cerca 161 exoplanetas que foram descobertos pela técnica de velocidade radial) e NASA Exoplanet Archive²[41] (126 estrelas (F, G e K), em que 112 possuem somente um planeta e 14 hospedam mais de um planeta, totalizando 141 exoplanetas encontrados pelo método de trânsito).

Para as 98 estrelas restantes do total de 355, as mesmas não possuem informações de planetas e foram obtidas de Lanzafame *et al.*[39] (essa amostra tinha um total de 217 estrelas, no entanto, utilizamos apenas 98 devido algumas componentes terem rotações muito elevadas)³. Já para 223 estrelas com e sem planetas confirmados dos ramos evoluídos (30 subgigantes e 56 gigantes com planetas, 36 subgigantes e 101 gigantes sem planetas)⁴ as mesmas foram obtidas de Jofré *et al.*[40]⁵.

¹<http://exoplanets.org/>

²<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>

³Lanzafame *et al.*[39] obteve esses dados de Hartman *et al.*[50] que utilizaram instrumentos de buscas por trânsitos planetários para estimarem os períodos de rotações estelares.

⁴A amostra de Jofré *et al.*[40] foi obtida de uma base de dados que o método empregado é a velocidade radial nas buscas por exoplanetas, só que apenas 86 estrelas da mesma tem planetas confirmados.

⁵Vale salientar que as amostras utilizadas nessa pesquisa não estão isentas de planetas, no entanto, não há informações sobre os mesmos ou possuem planetas de baixas massas que ainda não foram encontrados.

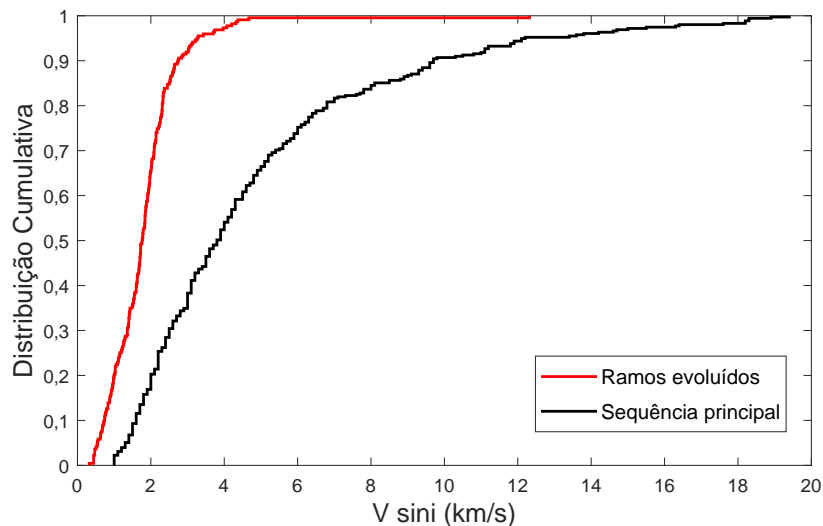
3.1 Análise e completeza das amostras

As amostras computadas de NASA Exoplanet Archive[41] e The Exoplanet Orbit Database[42] (trânsito e velocidade radial, respectivamente), apresentam baixos valores de velocidade de rotação projetada ($v \sin i \leq 10 \text{ km s}^{-1}$) e fornecem taxas de erros para essa grandeza de $\sim 0,5 \text{ km s}^{-1}$. Tomando como referência o trabalho de Alves [36], nós eliminamos de nossa amostra final os sistemas binários para evitar qualquer efeito gravitacional adicional que poderia colocar em xeque a interpretação dos nossos resultados.

Em relação a amostra com e sem planeta de Jofré *et al.*[40], as velocidades de rotações projetadas $v \sin i$ das estrelas (subgigantes e gigantes) compreendem o intervalo de 0,32 a 12,32 km s^{-1} e seus erros em volta de 0,5 km s^{-1} . Por último, os dados obtidos a partir de Lanzafame *et al.*[39] para 217 estrelas da sequência principal sem planetas detectados, $v \sin i$ foi obtido a partir de outros trabalhos (Stauffer & Hartmann [51], Soderblom *et al.*[52], Queloz *et al.*[53] e Terndrup *et al.*[54]). Contudo, analisando sua amostra percebemos que algumas componentes tem altas taxas de rotações⁶, como o proposito é comparar esses valores em relação as estrelas de lentas rotações com planetas, reduzimos a amostragem para 98 estrelas ($v \sin i \leq 20 \text{ km s}^{-1}$).

Com uma amostragem total de 578 estrelas, analisamos sua distribuição cumulativa em $v \sin i$. Para isso, dividimos a mesma em estrelas da sequência principal (355 estrelas) e ramos evoluídos (223 estrelas). A figura13 revela que para as estrelas dos ramos evoluídos a

Figura 13 – Distribuição cumulativa de $v \sin i$ para 578 estrelas da sequência principal e ramos evoluídos.



Fonte: Autor

amostra é completa para $v \sin i$ em torno de 4,3 km/s e para as estrelas da sequência principal a

⁶Ao retirar estrelas que giram muito rápido sobre seu eixo evitamos grandes dispersões na relação, $J_{\star}-M_{\star}$, devido a alta sensibilidade de J_{\star} com essa propriedade[4].

amostra é completa para $v \sin i$ em torno de 19 km/s. As estrelas gigantes e subgigantes (ramos evoluídos) com $v \sin i \geq 4,3$ km/s e as da sequência principal com $v \sin i \geq 19$ km/s podem ser excluídas, todavia, decidimos manter tais estrelas por se tratar de uma quantidade mínima de cada amostra.

3.2 Propriedades físicas das amostras para o estudo do momentum angular estelar e planetário

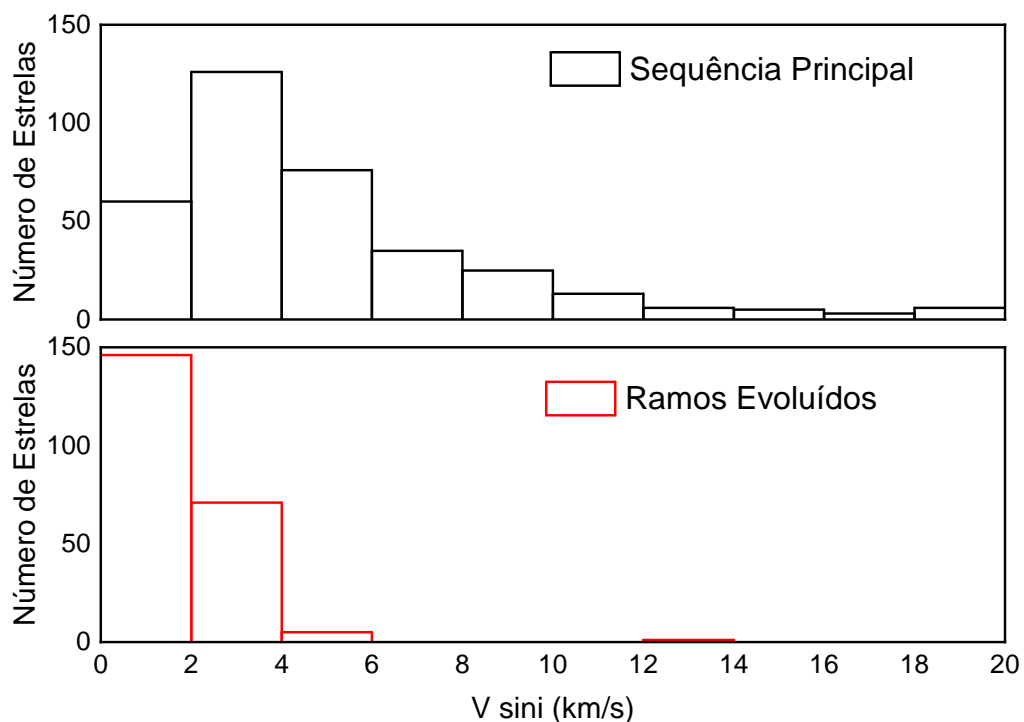
Nessa seção iremos expor através de histogramas as principais propriedades físicas dos dados coletados para o estudo do momentum angular estelar, planetário e total.

3.2.1 Velocidade de rotação projetada ($v \sin i$)

Conforme mencionado em seções passadas, a velocidade de rotação projetada é de extrema importância para o estudo da rotação estelar, em função de ser uma boa estimativa da velocidade real de uma dada estrela[27].

O histograma na figura 14 retrata os valores de $v \sin i$ para 578 estrelas da nossa pes-

Figura 14 – Histograma de $v \sin i$ para 578 estrelas da sequência principal e ramos evoluídos.



Fonte: Autor

quisa. Sendo 355 estrelas da sequência principal e possuem $v \sin i$ variando de 1,0 a 19,4 km/s, por outro lado, 223 estrelas restantes pertencem ao ramo das subgigantes e gigantes com velocidades de rotações projetadas indo de 0,32 a 12,32 km/s. De maneira geral, $v \sin i < 20$ km/s,

além disso, mais de 300 desses dados tem valores de $v \sin i \leq 4$ km/s. O erro médio dessa grandeza para todos os dados é de cerca de 0,5 km/s.

3.2.2 Massa

A massa é o parâmetro físico mais importante na vida das estrelas [55]. Logo, quanto mais massiva for uma estrela mais rápida ela sairá da sequência principal [56] (ver tabela 3)⁷, por outro lado, estrelas como Sol chegam na sequência principal com uma reserva

Tabela 3: Principais parâmetros físicos para as estrelas da sequência principal.

Espectro (Classe V)	M (M_{\odot})	R (R_{\odot})	v (km/s)	T_{SP} (anos)
O5	39,5	17,2	190	$\sim 6 \times 10^6$
B0	17,0	7,6	200	$\sim 3 \times 10^7$
B5	7,0	4,0	210	$\sim 2 \times 10^8$
A0	3,6	2,6	190	$\sim 8 \times 10^8$
A5	2,2	1,7	160	$\sim 2 \times 10^9$
F0	1,75	1,3	95	$\sim 3 \times 10^9$
F5	1,4	1,2	25	$\sim 5 \times 10^9$
G0	1,05	1,04	12	$\sim 9 \times 10^9$

Fonte: Retirado e adaptado de Tassoul [22]

central de hidrogênio estimada em 10 bilhões de anos usando como fonte de combustível a energia nuclear, ou seja, apenas uma fração da massa total ($\sim 10\%$) geram condições para as reações termonucleares, sendo essa a reserva central H (hidrogênio) de uma dada estrela [57].

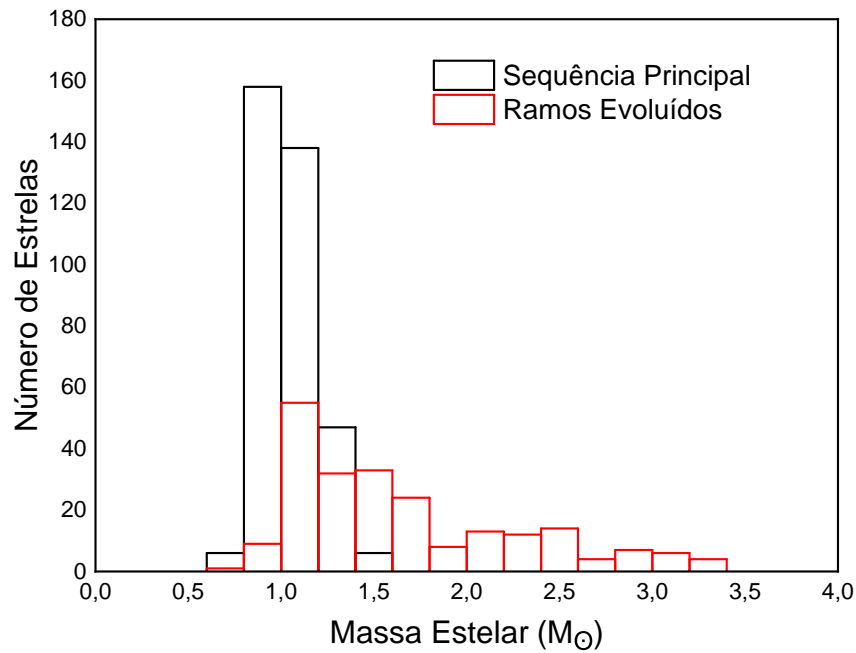
Deste modo, podemos considerar que a massa tem grande importância no estudo do momento angular em razão da sensível relação do mesmo com essa grandeza [58]. As estrelas da sequência principal da presente pesquisa (355) dispõem dessa propriedade variando de 0,76 a 1,5 M_{\odot} , já para estrelas dos ramos evoluídos (157 gigantes e 66 subgigantes) o intervalo de massa varia de 0,74 a 3,35 M_{\odot} . A massa estelar em nosso trabalho abrange de 0,74 a 3,35 M_{\odot} , entretanto, sua grande concentração fica em torno da massa solar (figura 15 (a)).

Nos dados com planetas, limitamos as massas planetárias inferiores a $13M_J$ ⁸, seguindo a sugestão de Gurumath *et al* [5]. Cerca de 343 de 578 estrelas desse estudo hospedam planetas já confirmados, no entanto, dispomos apenas das propriedades físicas de 302 exoplanetas que pertencem a 257 estrelas da sequência principal, as 86 estrelas com planetas confirmados restantes são subgigantes e gigantes. Por não conhecermos as principais informações físicas de seus planetas (massa, excentricidade e semi-eixo maior) que são essenciais no estudo

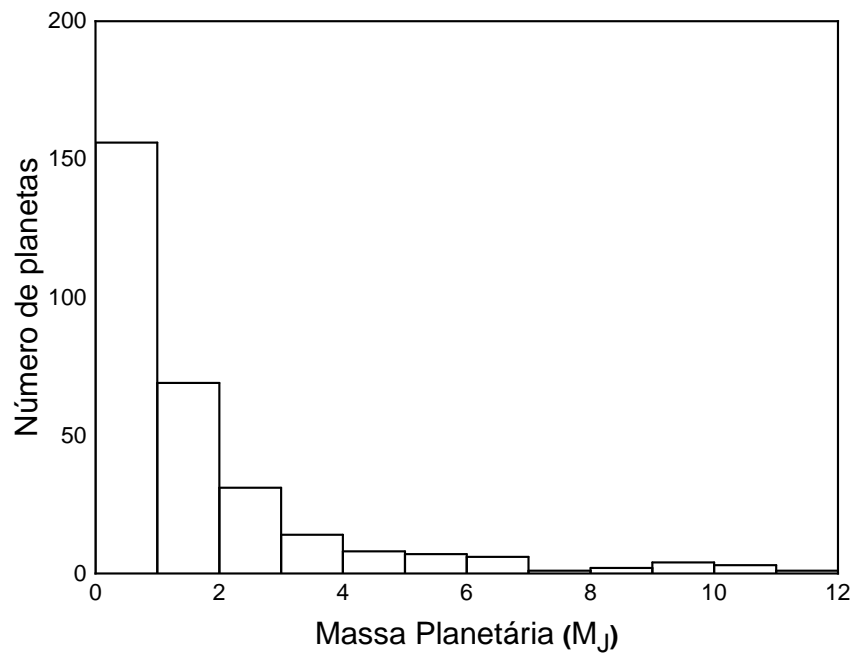
⁷A fusão termonuclear é o que faz as estrelas brilharem, liberando uma quantidade extraordinária de energia por segundo [56]. Por exemplo, estrelas da classe espectral O tem temperaturas centrais muito mais elevadas que o Sol, consumindo exageradamente seu combustível central [57].

⁸Objetos entre 13 a cerca de 75 M_J pertencem a classificação de anãs marrons. Sendo basicamente planetas que queriam ser estrelas, mas que não conseguiram acender a fusão de hidrogênio em seu interior [57].

Figura 15 – Histograma da massa de todas estrelas e planetas das amostras.



(a)



(b)

Fonte: Autor

do momentum angular planetário e total, decidimos usar apenas as propriedades físicas de suas estrelas para análise do momentum angular estelar, mas com a ressalta que as mesmas hospedam planetas⁹. Logo, contamos com 302 exoplanetas com massa entre 0,005 a 11,681 M_J (figura 15 (b)).

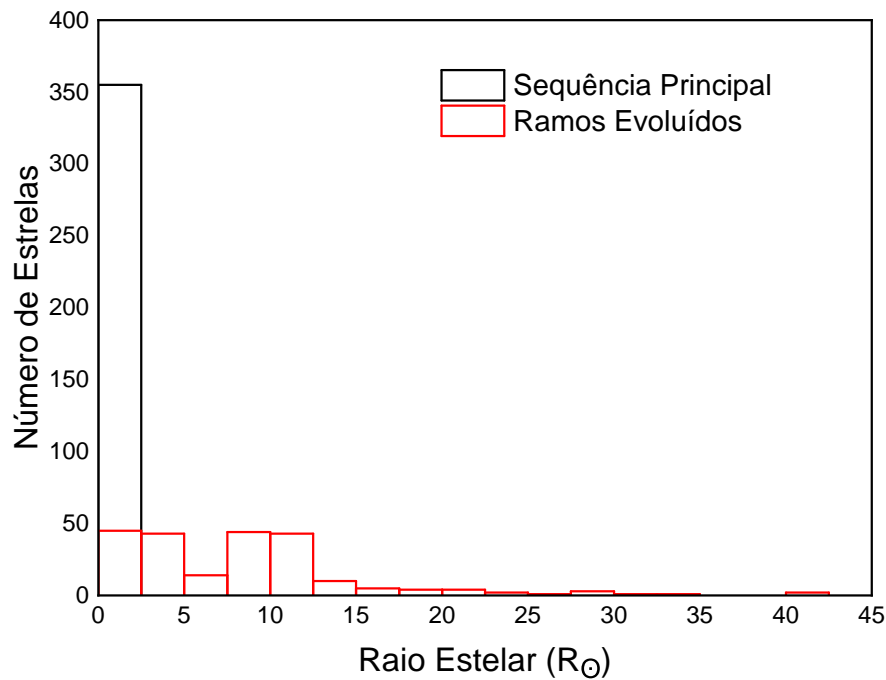
⁹As 86 estrelas subgigantes e gigantes com planetas confirmados foram obtidas de Jofré *et al.*[40]. Em seu estudo os mesmos mencionam apenas que as mesmas tem planetas com $M_p \geq 1M_J$.

3.2.3 Raio estelar (R_{\odot})

O raio das estrelas pode ser associado a classe de luminosidade estelar[57]. Como nossa amostra comporta hegemonicamente estrelas de baixa rotação, nós podemos assumir que as estrelas são corpos rígidos e a equação $J = I \omega$ pode ser usada sem qualquer prejuízo. Como sabemos de capítulos precedentes, o momento de inércia I dependente fortemente com o raio estelar e uma medida mais precisa desse parâmetro é essencial para uma melhor estimativa de J [5].

Os dados contidos na figura 16, mostram que o raio para todas as estrelas utilizadas abrangem um intervalo de 0,58 a 42,40 R_{\odot} . As estrelas da sequência principal contam com $R_{\star} < 2,5R_{\odot}$, enquanto as estrelas dos ramos evoluídos portam raios de 1,39 a 42,40 R_{\odot} . Uma

Figura 16 – Histograma do raio para todas estrelas das amostras.



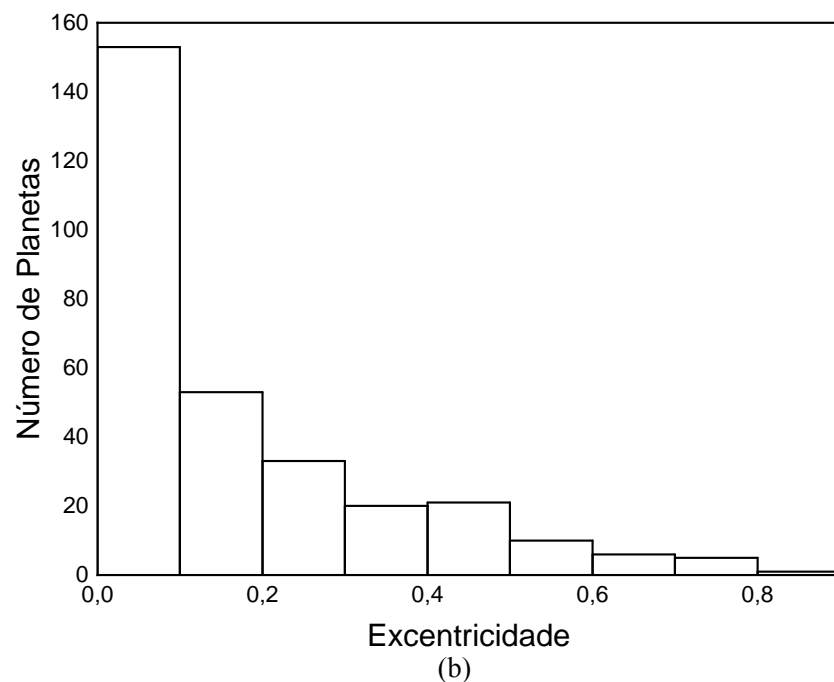
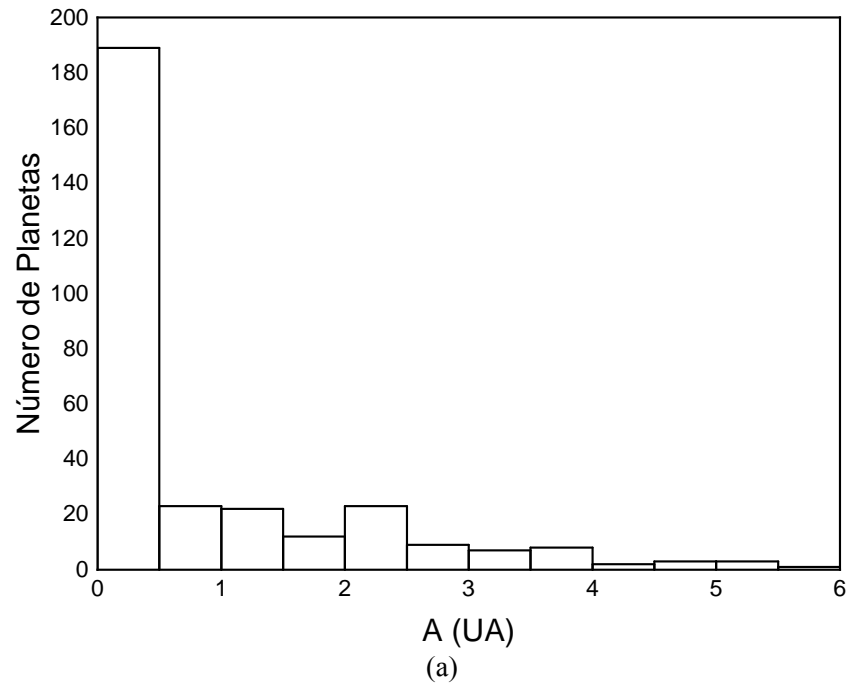
Fonte: Autor

pequena parcela das estrelas gigantes (14 de 157) dispõem de $R_{\star} > 20R_{\odot}$ o que pode provocar uma dispersão dos dados ao plotar $\log(J)$ vs $\log(M/M_{\odot})$ (ver capítulo 4).

3.2.4 Semi-eixo maior e excentricidade

Os parâmetros físicos como semi-eixo maior e excentricidade são de fundamental importância para análise do momentum angular orbital e total[5], cujo os resultados se encontram no capítulo 4. Por se valerem das técnicas de trânsito e velocidade radial que por natureza são métodos que funcionam bem para localizarem planetas próximos de sua estrela mãe. A figura 17 (a) exhibe que os planetas dessa pesquisa se estendem até no máximo 5,83 UA (Uni-

Figura 17 – Histograma do semi-eixo maior (superior) e excentricidade (inferior) para os exoplanetas das amostras.



Fonte: Autor

dade Astronômica)¹⁰. Como os dados dessa pesquisa se estendem apenas 5,83 UA ($\sim 874,5$ milhões de km), os planetas mais distantes de sua estrela hospedeira se encontram em orbitas um pouco mais longínquas do que Júpiter orbita atualmente (cerca de 5,19 UA). Um número considerável desses planetas tem massas próximas a de Júpiter e orbitam muito perto das suas

¹⁰A unidade astronômica (UA) é bastante utilizada na comunidade científica para determinar distâncias dentro de um sistema planetário (SP), sendo uma UA equivalente a distância Terra-Sol (cerca de 150 milhões de km)[59].

estrelas ($< 0,1$ UA), sendo chamados de Júpiteres quentes[36]. A figura 17 (b) destaca que a grande parte das excentricidades desses planetas são inferiores a de Mercúrio (0,21 aproximadamente).

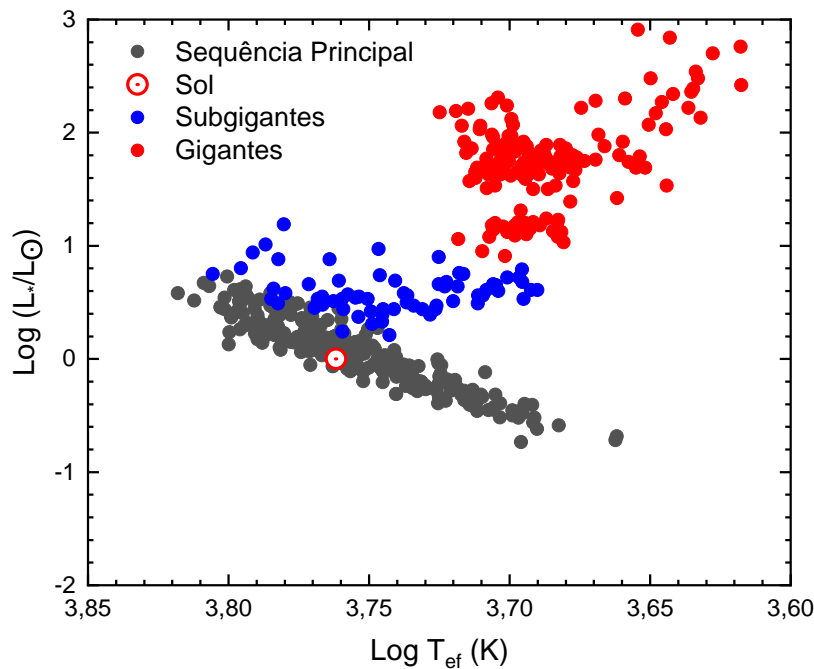
3.3 Diagrama HR e classificação estelar

O diagrama HR mostra uma íntima relação entre luminosidade e temperatura efetiva das estrelas[56]. A luminosidade é encontrada seguindo a equação:

$$L_{\star} = 4 \pi R_{\star}^2 \sigma T_{ef}^4 \quad (3.1)$$

Onde, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ é a constante de Stefan-Boltzman. Observando este diagrama é possível saber o estágio evolutivo em que cada estrela se encontra[57], a figura 18 retrata o mesmo para as estrelas desse estudo, sendo possível observar uma fina linha

Figura 18 – Diagrama HR para 480 estrelas desse estudo.



Fonte: Autor

diagonal chamada de sequência principal (257 estrelas)¹¹, além de estrelas que se encontram no ramo das subgigantes (66 estrelas) e gigantes (157 estrelas). Os valores solares são o padrão para o estudo de outras estrelas ($L_{\odot} \simeq 3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}$ e $T_{ef}^{\odot} = 5800 \text{ K}$)[56].

¹¹98 estrelas que também são da sequência principal foram omitidos desse diagrama HR pelo fato da amostra não conter a informação sobre a temperatura das mesmas, impossibilitando estimar suas luminosidades.

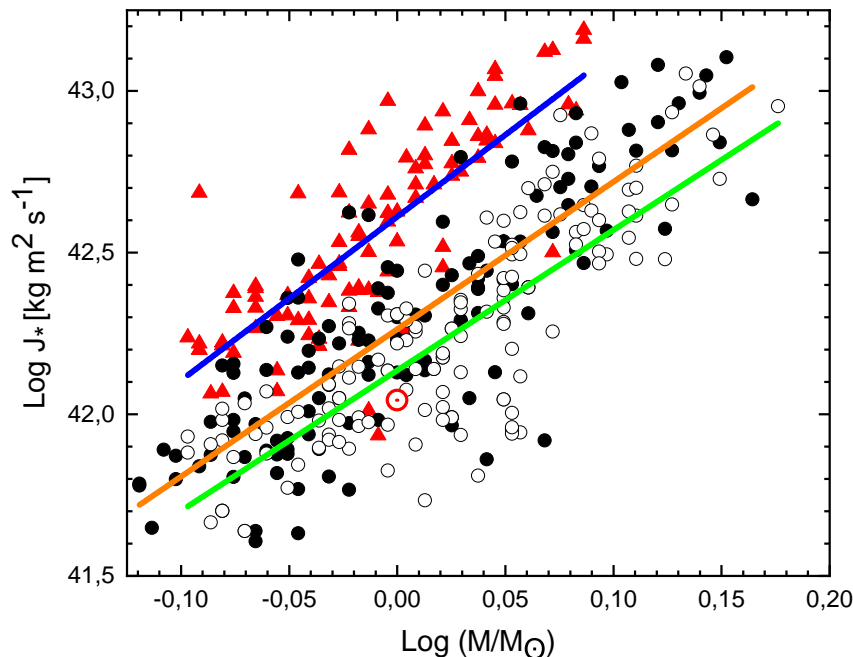
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo foi dividido em dois momentos, o primeiro consistiu em uma comparação entre estrelas com e sem planetas tanto da sequência principal quanto para ramos evoluídos. No segundo momento, apresentamos uma ampla análise contendo estrelas com planetas descobertos por diferentes técnicas de detecção, para comparar as taxas de J em suas mais variadas formas (ver capítulo 2) em função das suas respectivas massas estelares e planetárias.

4.1 Momentum angular em estrelas com e sem planetas

Os resultados expostos nessa seção, foram obtidos com base nos procedimentos usados por Alves *et al.* [4] e Gurumath *et al.* [5]. Usando uma amostra de 257 estrelas (F, G e K) com planetas e outra com 98 estrelas sem planetas confirmados retirados de Lanzafame *et al.* [39], obtemos na figura 19 uma clara dependência de J_* com a massa estelar, confirmando a Lei de Kraft ($J_* \propto (M/M_\odot)^\alpha$). Onde, as linhas solidas coloridas representam os melhores

Figura 19 – Relação de Kraft para 355 estrelas com e sem planetas da sequência principal.



Fonte: Autor. Estrelas sem planetas (triângulos vermelhos) apresentam taxas de J_* superiores as estrelas que portam planetas, sejam eles descobertos por trânsito ou velocidade radial (círculos fechados e abertos, respectivamente). O melhor ajuste é obtido para cada amostra por regressão linear, cujo os dados sem planetas fornecem, $J_* \propto M_*^{5,06 \pm 0,39}$ (linha azul), estrelas com planetas (trânsito), $J_* \propto M_*^{4,56 \pm 0,25}$ (linha laranja) e estrelas com planetas (velocidade radial), $J_* \propto M_*^{4,34 \pm 0,24}$ (linha verde). O Sol é representado com seu usual símbolo (círculo aberto com um ponto central e acrescentamos um contorno vermelho para representar um sistema de multi-planetas) estando posicionado abaixo das leis de potências.

ajustes gerados por regressão linear¹.

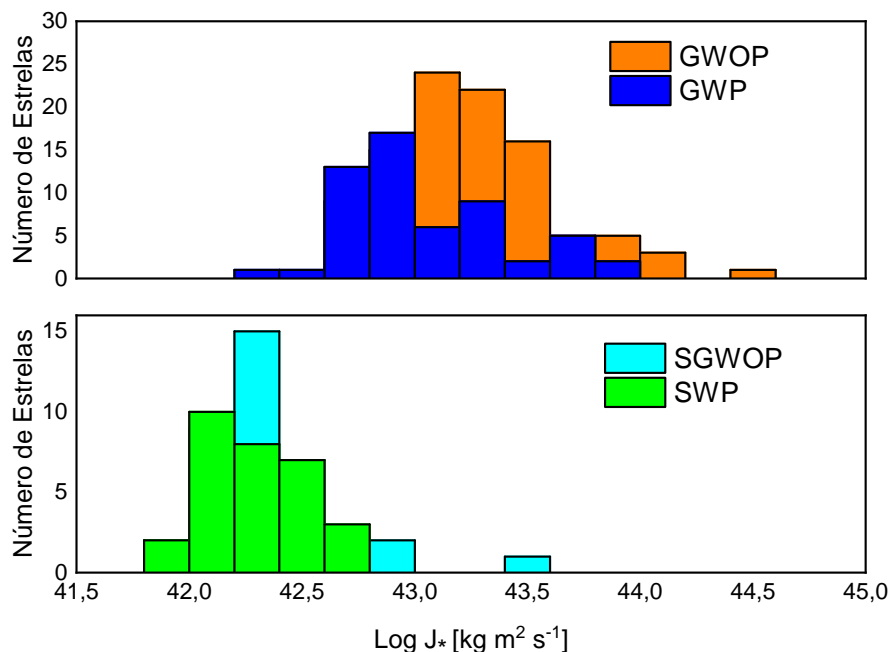
Em relação as taxas de momentum angular, percebemos que as estrelas que hospedam planetas tendem a terem déficit de momentum angular de spin, quando comparadas com as estrelas sem planetas. Este resultado é bastante importante para a presente dissertação, pois é o oposto ao apresentado por Alves *et al.*[4]².

As leis de potências apresentadas na figura 19 estão em conformidade com a relação encontrada por Kraft [6] ($J_* \propto M_*^{4,5}$), Gurumath *et al.*[5] ($J_* \propto M_*^{4,18}$) e Paz-Chinchón *et al.*[18] ($J_* \propto M_*^{4,9}$). A explicação para este déficit de J_* em estrelas com planetas é encontrada no trabalho de Berget & Durrance[49], ao apresentar através de dados observacionais que a maior parte do momentum angular total de um sistema se encontram nos planetas. Assim, estrelas hospedeiras adquirem porcentagens de J_{tot} inferiores, enquanto estrelas sem planetas tem valores de J_* superiores por não compartilharem seu momentum angular inicial.

Outro fator que fortifica este resultado, é o fato de estrelas hospedeiras possuírem taxas de rotações inferiores as estrelas sem planetas, essa menção é feita por de Freitas[19] em sua dissertação de mestrado em 2006 e Huang[11] esclarece que a formação de planetas ao redor de estrelas é em consequência da frenagem na rotação estelar.

A figura 20 corrobora o resultado apresentado acima, só que agora, apresentamos

Figura 20 – Histograma comparando as taxas de J_* para 222 estrelas hospedeiras e não hospedeiras dos ramos evoluídos.



Fonte: Autor

¹ calculamos o intercepto e a inclinação entre as variáveis envolvidas, com isso, foi possível investigar a relação de linearidade entre as mesmas.

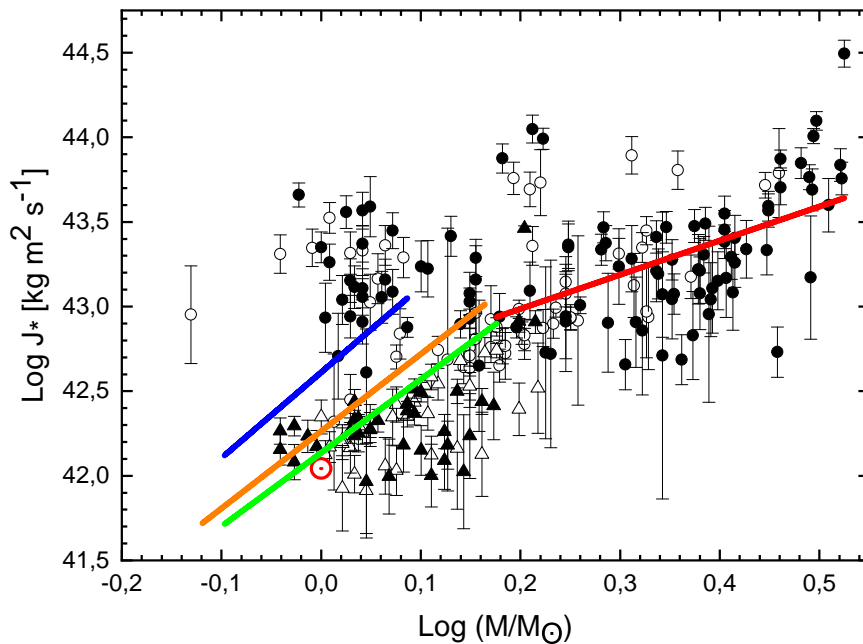
² Alves *et al.*[4] propôs que estrelas sem planetas propiciam valores de momentum angular inferiores as estrelas com planetas, apresentando como explicação uma ligação entre J_*-M_p .

uma comparação de J_* para estrelas com e sem planetas dos ramos evoluídos (gigantes e subgigantes). Os valores de J_* em estrelas gigantes com planetas (GWP) propendem a serem inferiores aos apresentados pelas gigantes sem planetas (GWOP), o mesmo resultado é visto em uma comparação entre subgigantes com planetas (SGWP) e subgigantes sem planetas (SGWOP).

Outro fato é que as taxas de $v \sin i$ são bem baixas (0,32 a 12,32 km/s), Rutten & Pylyser [60] explicam que isso acontece porque as estrelas passam por mudanças bruscas em suas propriedades físicas ao deixar a sequência principal, afetando fortemente seu momento de inércia principalmente para estrelas gigantes entre $\log(M/M_\odot) = 0,30$ ($M/M_\odot \simeq 2,0$) até 0,48 ($M/M_\odot \simeq 3,0$) e para as subgigantes com $\log(M/M_\odot) = 0,18$ ($M/M_\odot \simeq 1,5$) a interação magnetismo-vento estelar explica melhor as percas de momentum angular observadas.

A figura 21 retrata a relação J_*-M_* para os mesmos dados, onde a disposição das estrelas confirma o resultado obtido na figura 20. O que se destaca é que para massas estelares

Figura 21 – Comparativo entre as taxas de momentum angular para estrelas da sequência principal e ramos evoluídos.



Fonte: Autor. Estrelas gigantes e subgigantes sem planetas são representadas por círculos e triângulos fechados, respectivamente. Enquanto, gigantes e subgigantes com planetas são ilustradas por círculos e triângulos abertos, nessa sequência. As estrelas da sequência principal sem planetas são representadas pela a linha azul e com planetas pelas linhas laranja (trânsito) e verde (velocidade radial). O erro dessa grandeza é representado por linhas verticais e o Sol (símbolo usual) concentra uma das menores taxas de J_* nessa comparação.

maiores que $1,5M_\odot$, os dados seguem ($J_* \propto M_*^{2,02 \pm 0,34}$ → linha vermelha) aproximadamente os resultados obtidos por Kraft [7] ($J_* \propto M_*^{1,57}$) e Kawaler [9] ($J_* \propto M_*^{2,09 \pm 0,05}$), mesmo não se tratando da mesma classe de estrelas das usadas pelos referidos pesquisados. Também notamos uma quebra na relação J_*-M_* abaixo de $1,5M_\odot$ ($\sim 0,18$ calculando seu log), cuja a menção é

feita por Kraft [6] (ver artigo) e a explicação pode ser encontrada em Kawaler [9] (ver artigo).

Outra informação bastante aparente e que as gigantes portam taxas de momentum angular superiores as das subgigantes, isso pode ser explicado ao analisamos o raio estelar, ou seja, no estágio de gigante as estrelas apresentam raios superiores a fase de subgigante e como $J \propto I$ (momento de inércia) que já carrega uma forte relação com raio das estrelas, o momentum angular é conseqüentemente maior no ramo das gigantes. Utilizamos 222 estrelas de 223, já que a estrela HD 9408 (GWOP) não possui as informações necessárias para calcular J_* .

Nesses estágios evolutivos, estrelas como gigantes e subgigantes aumentam de volume preenchendo orbitas cada vez maiores, podendo engolir planetas em suas vizinhanças, com isso, pode ocorrer um acúmulo de momentum angular adicional [61]. Acreditamos que as mudanças de seus parâmetros físicos, aliado a um possível “engolimento” de seus planetas mais próximos, fazem com que as estrelas da amostra de Jofré *et al.*[40] disporem de J tão elevados. Uma pequena dispersão dos dados é observada na figura 21, em virtude de uma baixa porcentagem da amostra conterem raios extremamente elevados ($R_* \geq 20R_\odot$) em relação a grande maioria da mesma ($R_* < 15R_\odot$).

Outra questão que podemos analisamos a partir da figura 21 é a diferença nas taxas de momentum entre estrelas da sequência principal e ramos evoluídos. Ou seja, estrelas da sequência principal com e sem planetas (linhas azul, laranja e verde) tendem a concentrarem taxas de momentum superiores as estrelas subgigantes e inferiores ou similares as gigantes, isso pode ser explicado ao acompanhamos o processo evolutivo quando uma estrela deixa a sequência principal.

Assim, estrelas da sequência principal com massas inferiores a $1,5M_\odot$ vão progressivamente perdendo taxas significativas de momentum angular (perca de rotação) à medida que envelhecem, onde o limite de Schönberg–Chandrasekhar[62] menciona que quando cerca de 10% da massa estelar é queimada (hidrogênio \rightarrow hélio) um caroço isotérmico de hélio ocupa o núcleo estelar e não consegue mais suportar a pressão exercida pelas camadas superiores da estrela vindo a se contrair, como resultado as camadas externas da estrela se expandem e a mesma acende ao ramo das subgigantes.

A equação 2.10 mostra que os fatores físicos estelares preponderantes para o aumento ou diminuição de momentum angular são: massa, raio e as taxas de rotações, deste modo, na fase de subgigante o aumento do raio estelar acaba levando a um espalhamento de J_* e $v \sin i$ é responsável pelo déficit de momentum angular nas subgigantes ($< 1,5M_\odot$) quando comparadas com estrelas da sequencia principal. Já no estágio de gigante, o raio estelar acaba sendo o principal responsável por elevar significativamente as taxas de J_* podendo ter valores similares ou superiores as estrelas da sequência principal.

Para estrelas com e sem planetas da sequência principal, a diferença nas taxas de momentum são facilmente perceptíveis, enquanto nas estrelas dos ramos evoluídos essa diferença não é nítida. Acreditamos que por ocorrer uma expansão do envelope estelar nessas fases, estrelas com planetas sofrem prováveis interações como os mesmos[2], com isso, a diferença nas taxas de momentum angular entre estrelas com e sem planetas são suprimidas.

4.2 Análise do momentum angular em sistemas planetários detectados por trânsito e velocidade radial

Nessa seção, será discutidos os resultados obtidos para as várias formas de se representar o momentum angular mencionadas no capítulo 2. Logo, usamos uma amostra de 131 estrelas com 161 planetas detectados pelo método de velocidade radial e outra de 126 estrelas com 141 planetas descobertos por trânsito. Totalizando, 257 estrelas da sequência principal que hospedam 302 exoplanetas com todas as informações disponíveis para o estudo do momentum angular estelar, planetário e total.

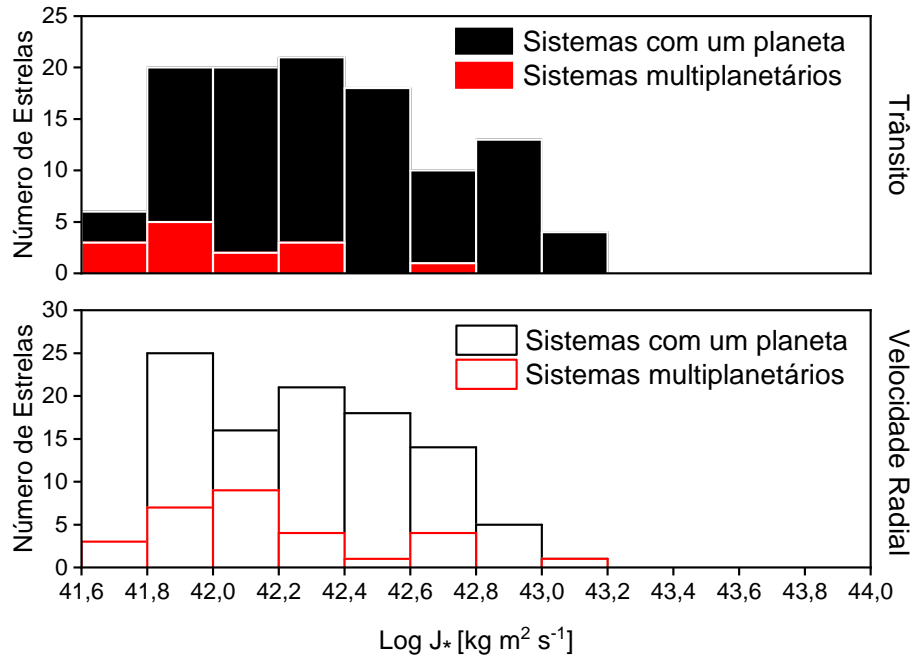
Os parâmetros usados na presente análise são: massa, $v \sin i$ e raio das estrelas e parâmetros planetários como: massa, semi-eixo maior e excentricidade. Os erros de J_* , J_p e J_{tot} foram inseridos quando possível, uma característica que tornam as amostras muito boas é o fato da baixa dispersão de suas propriedades físicas para investigação de J_* , J_p e J_{tot} .

4.2.1 *Momentum angular estelar*

Independente da forma que seja apresentada, o momentum angular intrínseco (em função da sua própria rotação) das estrelas é conhecido como momentum angular de spin[5]. A figura 22 revela que cada método de buscas por planetas adquirem peculiaridades únicas no ato da computação do momentum angular. O painel superior da figura 22 apresenta que o método de trânsito encontra mais sistemas com um planeta com J_* maiores do que sistemas multiplanetários. Outra informação evidente é que sistemas com multi-planetas descobertos por trânsito apresentam déficit de momentum angular de spin, quando comparados com os de mesma categoria que tiveram seus planetas observados por velocidade radial³. Irwin [34] relata que a técnica de velocidade radial favorece encontrar mais sistemas multiplanetários com estrelas hospedeiras que portam momentum angular maiores do que o método de trânsito. Desse modo, essa pesquisa identificou que sistemas com um planeta que utilizaram trânsito para localizar seus planetas, suas estrelas tendem a portarem massas e $v \sin i$ maiores do que sistemas multiplanetários (trânsito).

³ Isso não implica que sistemas com um ou vários planetas que portem massas planetárias menores ou maiores terão menos ou mais momentum angular de spin (J_*), o importante nessa análise são parâmetros físicos estelares (rotação e massa, principalmente) e não planetários.

Figura 22 – Histograma comparando as taxas de J_* para 257 estrelas da sequência principal em sistemas com um único planeta e multiplanetários.



Fonte: Autor

Plotando a relação J_*-M_* (figura 23) para estrelas com planetas é notável que os dados por trânsito seguem uma lei de potência ligeiramente maior do que aqueles que fazem o uso de velocidade radial. Para amostra compilada a partir de trânsito planetário, o melhor ajuste é ilustrado no painel superior na figura 23, em que a mesma pode ser escrita através de uma lei de potência dada por:

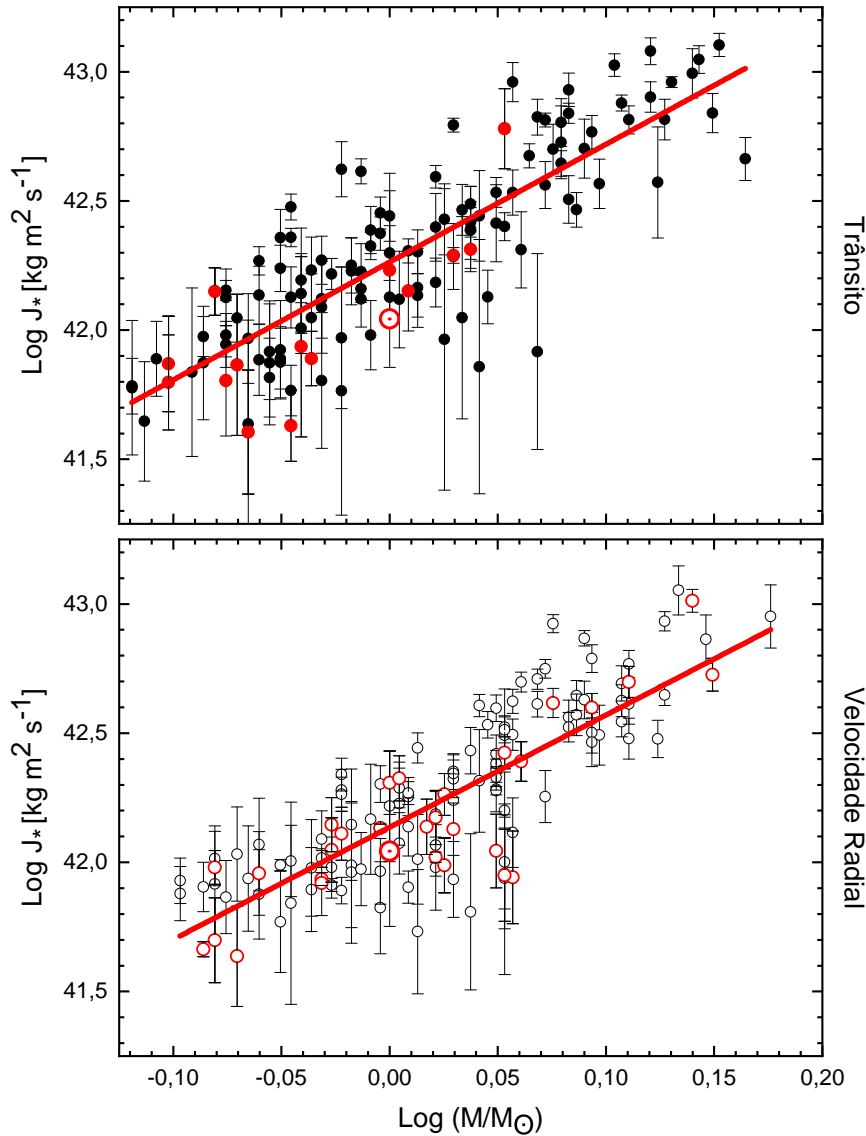
$$\log(J_*) = (42,26 \pm 0,02) + (4,56 \pm 0,25) \log\left(\frac{M_*}{M_\odot}\right) \quad (4.1)$$

e os dados por velocidade radial são observados no painel inferior da figura 23 seguindo uma lei de potência menos acentuada, assim:

$$\log(J_*) = (42,14 \pm 0,02) + (4,34 \pm 0,24) \log\left(\frac{M_*}{M_\odot}\right) \quad (4.2)$$

As equações 4.1 e 4.2, estão em conformidade com os trabalhos de Kraft [6] [$J_* \propto (M/M_\odot)^\alpha$ com $\alpha = 4,5$] e Gurumath *et al.* [5] [$J_* \propto (M/M_\odot)^\alpha$ onde $\alpha = 4,18$]. Ao plotar ambas as amostras em um único gráfico fica mais fácil visualizar que os dados por trânsito buscam regiões com J_* maiores que aqueles dispostos por velocidade radial (ver figura 19). De uma maneira geral, o método de transito por não contar com aparatos instrumentais que permitam uma alta sensibilidade nas taxas de rotações estelar (espectrômetros) como é o caso da velocidade radial acaba por localizar mais sistemas com estrelas hospedeiras que possuem taxas

Figura 23 – Momentum angular de spin em função da massa estelar para estrelas com planetas descobertos por trânsito (126 estrelas) e velocidade radial (131 estrelas).



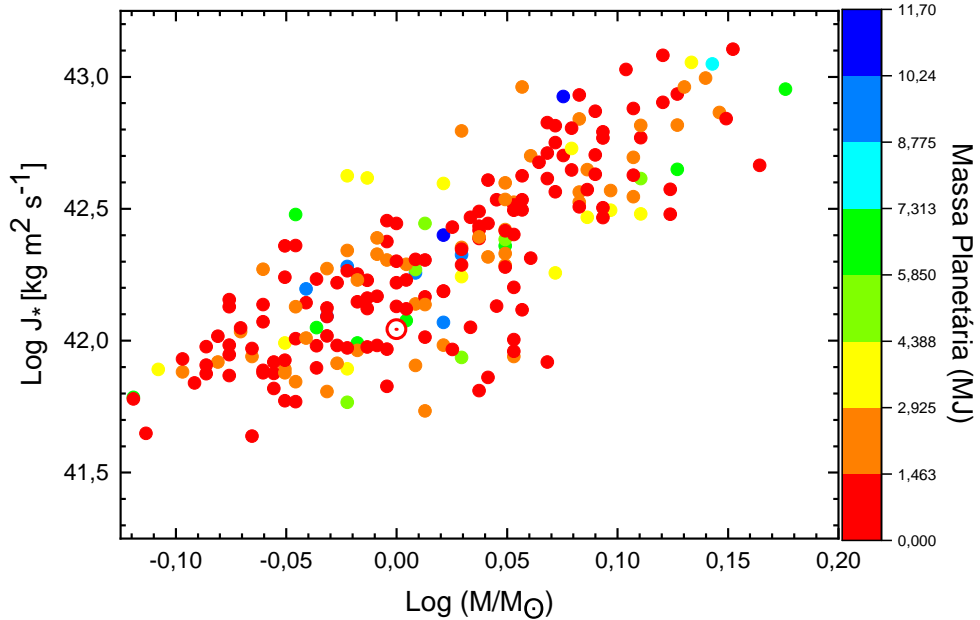
Fonte: Autor. **Painel superior:** Os dados por trânsito são apresentados por círculos fechados pretos e vermelhos (sistemas com um planeta e multiplanetários, respectivamente), a linha sólida (superior) representa a melhor lei de potência encontrada para os mesmos ($J_* \propto M_*^{4,56 \pm 0,25}$). **Painel inferior:** Os dados por velocidade radial são retratados dessa vez por círculos abertos com contornos pretos e vermelhos (sistemas com um planeta e multiplanetários, respectivamente) apresentando, $J_* \propto M_*^{4,34 \pm 0,24}$ (linha sólida inferior), as linhas verticais representam os erros de J_* e o Sol (símbolo usual) é verificado em ambos os painéis estando posicionado abaixo das leis de potências.

maiores de momentum angular de spin do que por velocidade radial [34]. As linhas verticais na figura 23 representam os erros de J_* , com trânsito possuindo em média, $\log(\sigma_{J_*}) = 0,14$ e velocidade radial, $\log(\sigma_{J_*}) = 0,11$.

Ao construir a possível relação entre momentum angular estelar e massa planetária apontada por Alves *et al.*[4], em que usamos apenas estrelas da sequência principal que hospedem um único planeta por se tratar da mais simples interação em um sistema e para melhor percepção nessa análise. Obtemos, que para 214 estrelas com 214 exoplanetas encontrados por

velocidade radial e trânsito essa relação não é confirmada (figura 24). Várias interações foram

Figura 24 – Relação entre momentum angular de spin, massa estelar e planetária para 214 estrelas da sequência principal com 214 exoplanetas localizados por velocidade radial e trânsito.



Fonte: Autor. As variadas colorações para os dados acima, diz respeito a massa planetária que cada estrela hospeda. Anãs marrons, foram descartadas por pertencer uma classe intermediária entre estrela e planeta. Analisando, J_* - M_p , fica claro que os dados não favorecem um aumento de momentum angular de spin com a massa dos planetas, porém, J_* aumenta com a massa estelar (lei de Kraft) como já exposto em resultados anteriores. O Sol é ilustrado com seu usual símbolo para efeito de comparação.

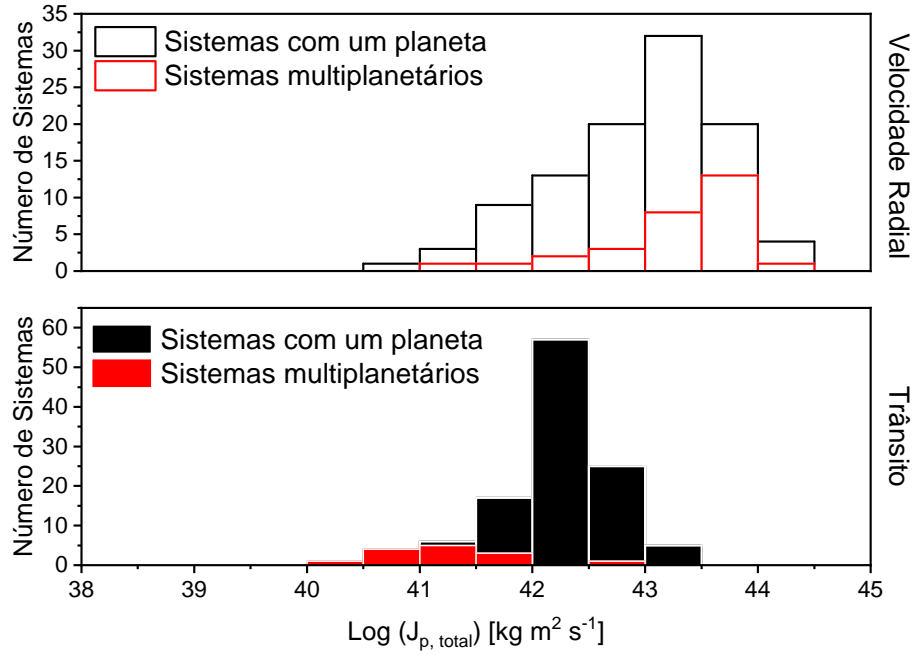
feitas com os dados a nossa disposição, mas o que se observa em todos os casos é uma total dispersão de J_* - M_p , essa não verificação é mencionada no estudo feito por Paz-Chinchón *et al.*[18].

4.2.2 Momentum angular planetário

O momentum angular orbital ao contrário do momentum angular de spin das estrelas carrega uma relação com a massa dos planetas, já que olhando para equação 2.15, notamos que $J_p \propto m_p$ [5]. Analisamos, J_p individual de cada planeta e $J_{p,total}$, sendo o último uma somatória de todos J_p , ou seja, se o sistema é formado por um único planeta, $J_{p,total} = J_p$ e para sistemas multiplanetários, $J_{p,total} = J_{p1} + J_{p2} + \dots$, dependendo da quantidade de exoplanetas um determinado sistema abrigue[34].

A figura 25 ilustra que $J_{p,total}$ para os dados com planetas descobertos por velocidade radial (painel superior) são superiores aos dados com planetas encontrados por trânsito (painel inferior), devido ao método VR ser melhor caçador de exoplanetas massivos (grande momentum angular orbital) do que trânsito (ambos são excelentes na busca por planetas de grandes massas, mas com advento das missões espaciais como: CoRoT (2006) e Kepler (2009), trânsito

Figura 25 – Taxas de momentum angular orbital total em sistemas com um planeta e multiplanetários.



Fonte: Autor.

ganhou maior resolução em localizar exoplanetas de baixas massas[36]). Outra informação notável é a grande capacidade de sistemas multiplanetários (trânsito) serem lares de exoplanetas de baixas massas (baixos momentum angular orbital), enquanto VR abriga em sua grande maioria objetos tipo Júpiter (alto momentum angular orbital), assim, a distribuição dos dados da figura 25 corrobora o resultado obtido na figura 22, mostrando que sistemas multiplanetários (VR) tendem a conterem estrelas com grandes massas (altos momentum angular de spin) e planetas gigantes (altos momentum angular orbital), por outro lado, sistemas com multi-planetas (trânsito) hospedam estrelas e planetas com características menos expressivas de uma maneira geral.

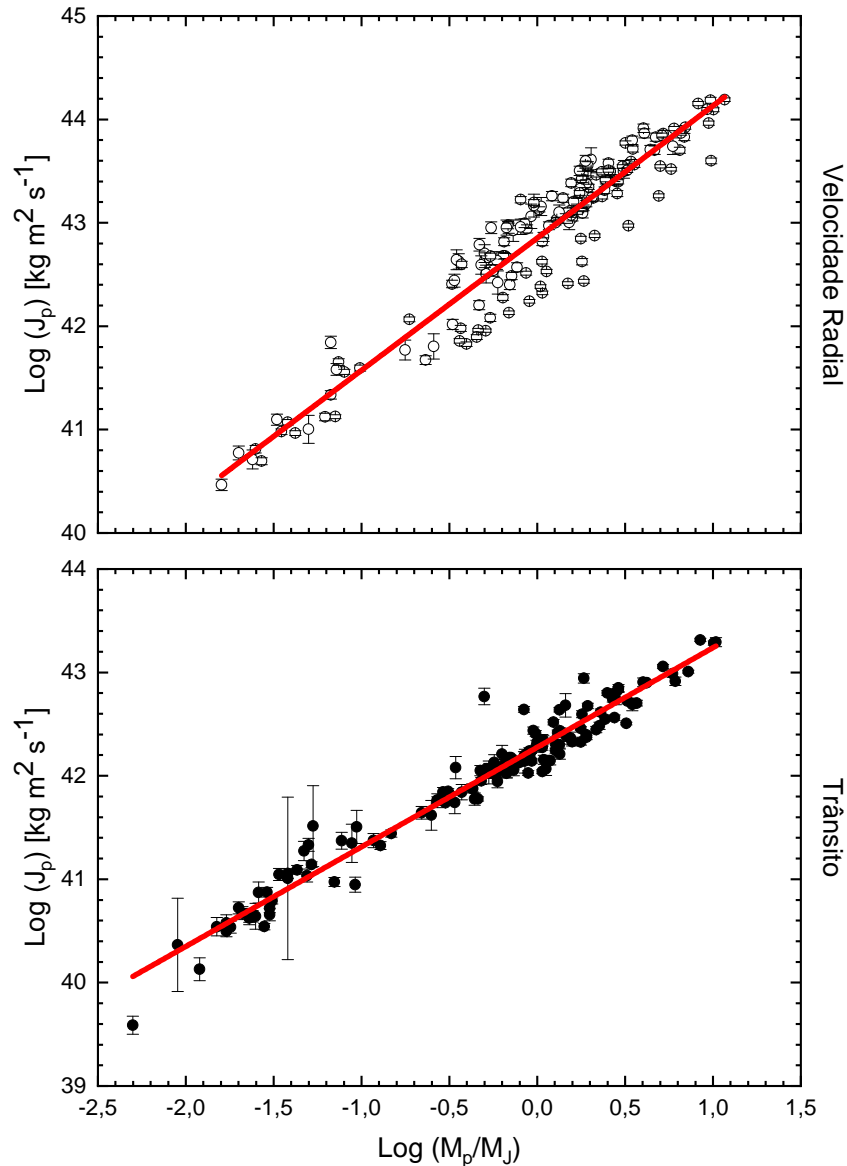
A figura 26 expressa uma dependência entre momentum angular orbital e massa dos planetária, confirmando o trabalho de Gurumath *et al.* [5]. Em nossa análise a lei de potência (figura 26 painel superior) que melhor expressa o comportamento entre J_p - M_p para a amostra com planetas descobertos por velocidade radial, pode ser escrita como:

$$\log(J_p) = (42,85 \pm 0,02) + (1,28 \pm 0,03) \log\left(\frac{M_p}{M_J}\right) \quad (4.3)$$

enquanto, planetas detectados por trânsito fornecem uma lei de potência menor (figura 26 painel inferior) dada por:

$$\log(J_p) = (42,28 \pm 0,01) + (0,96 \pm 0,02) \log\left(\frac{M_p}{M_J}\right) \quad (4.4)$$

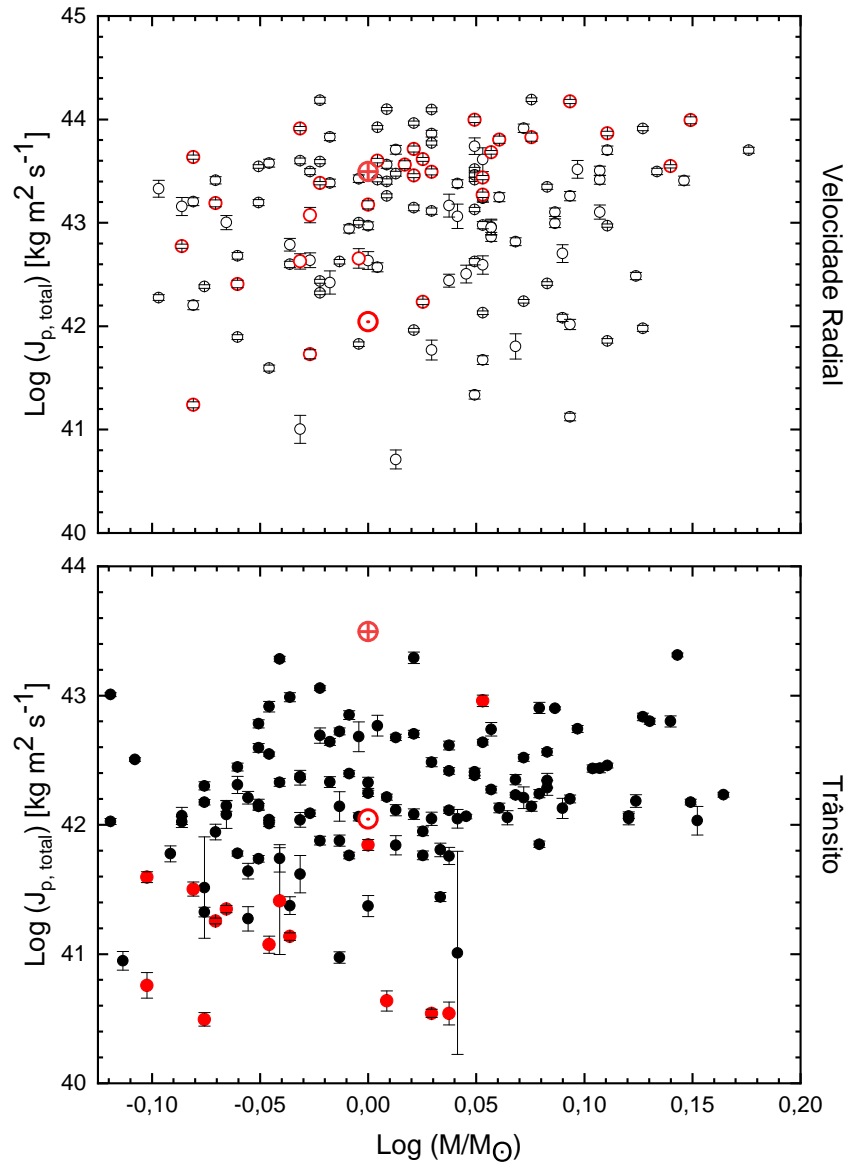
Figura 26 – Relação entre momentum angular orbital versus massa planetária para 302 exoplanetas.



Fonte: Autor. Os dados por trânsito (círculos fechados) fornecem, $J_p \propto \left(\frac{M_p}{M_J}\right)^{0,96 \pm 0,02}$, ilustrado no painel inferior, por outro lado, os dados por velocidade radial (círculos abertos) fornecem uma lei de potência ligeiramente superior, $J_p \propto \left(\frac{M_p}{M_J}\right)^{1,28 \pm 0,03}$, apresentado no painel superior. Assim, é perceptível que o método por velocidade radial favorecem valores elevados de J_p .

As equações 4.3 e 4.4 estão de acordo com o estudo de Gurumath *et al.* [5] com $J_p \propto \left(\frac{M_p}{M_J}\right)^{1,26 \pm 0,05}$. Os erros de J_p (linhas verticais) portam taxas bem pequenas impossibilitando sua perfeita visualização. Analisando o momentum angular orbital total dos planetas em função da massa estelar (figura 27), notamos uma fraca dependência entre $J_{p,total} - M_*$, já que pela equação 2.15, $J_p \propto M_*^{0,5}$. Podemos concluir também que, $J_{p,total}$ (VR) > $J_{p,total}$ (trânsito) e que estrelas com multi-planetas descobertos por velocidade radial contém maiores taxas de $J_{p,total}$ em comparação a trânsito de mesma categoria. O Sol (símbolo usual) e seu SP (usamos

Figura 27 – Relação entre momentum angular orbital total em função da massa estelar para 257 estrelas da sequência principal com 302 exoplanetas.



Fonte: Autor. Os dados por velocidade radial (painel superior) são retratados por círculos abertos com contornos pretos (um planeta) e vermelhos (multi-planetas), enquanto aqueles que fazem uso de trânsito (painel inferior) são representados por círculos fechados com contornos pretos (um planeta) e vermelhos (multi-planetas). Em que o método por VR carrega em grandes concentrações sistemas com enormes taxas de $J_{p,total}$ (exoplanetas massivos) e trânsito favorece sistemas com exoplanetas menos expressivos de modo geral. O Sol (símbolo usual e seu SP aparecem em ambos os painéis para efeito de comparação.

o símbolo da Terra para representar o mesmo) aparecem em ambos os painéis, com destaque para SP que concentra umas das maiores taxas de momentum angular nesse estudo.

4.2.3 Momentum angular total do sistema

A partir das análises do momentum angular de spin e orbital é possível estudar como se comporta o momentum angular total. J_{tot} , é basicamente a somatória de todas as parcelas de momentum angular que estrelas e seus planetas (J_* e J_p , respectivamente) adquirem[5].

Como J_{tot} depende fortemente da massa planetária e estelar, o mesmo tende a aumentar tanto com a massa dos planetas quanto das estrelas, ou ambas. A figura 28 mostra a relevância de J_p e J_* para o momentum angular total em função da massa estelar, em que o painel superior propicia uma fraca relação em $J_{tot}-M_*$ para estrelas que portam planetas descobertos por velocidade radial (dados bem dispersos), enquanto trânsito (painel inferior) apresentam, $J_{tot}-M_*$, bem comportados (baixa dispersão). Houve uma grande dificuldade em aplicar regressão linear nos dados VR, pela alta dispersão dos dados, por isso, optamos por escolher a região ocupada por sistemas multiplanetários retornando uma lei de potência:

$$\log(J_{tot}) = (43,50 \pm 0,06) + (3,07 \pm 0,85) \log\left(\frac{M_*}{M_\odot}\right) \quad (4.5)$$

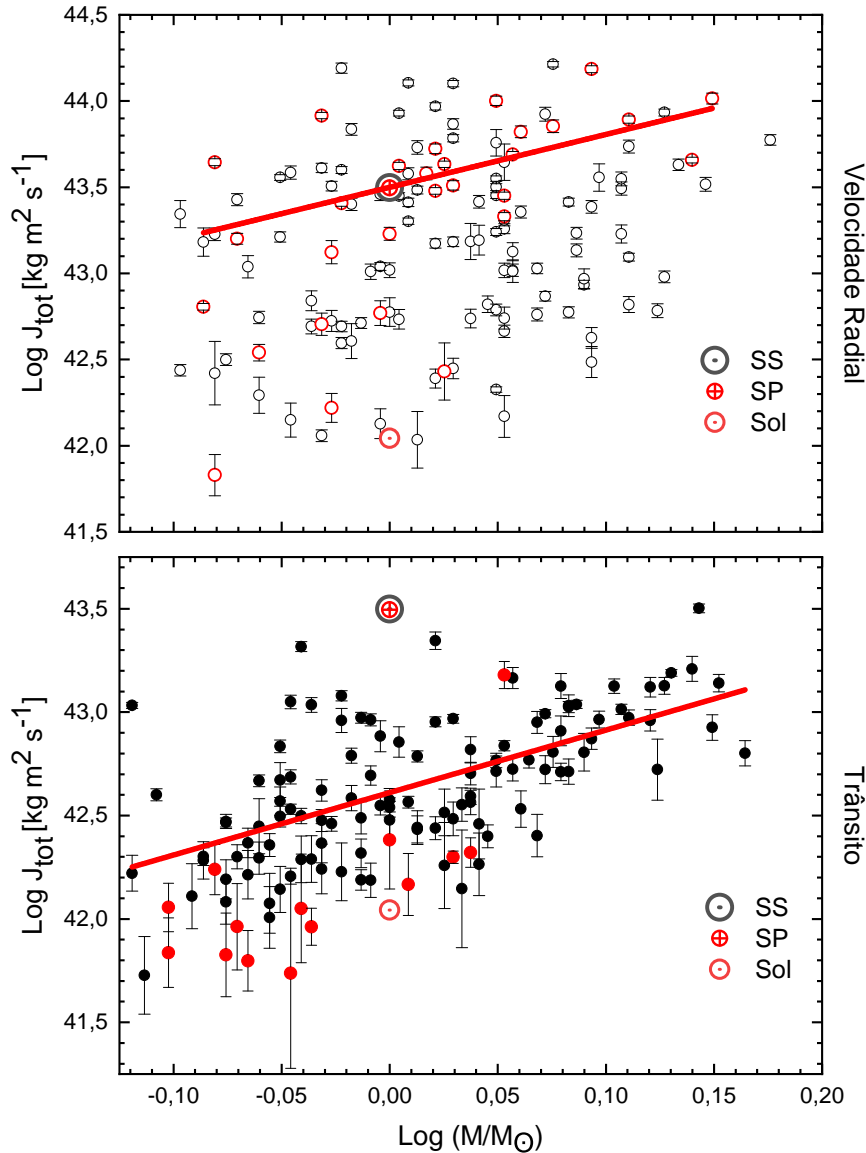
com isso, notamos que este tipo de sistema (multi-planetas) carrega altas taxas de momentum angular, já estrelas com somente um planeta favorecem em sua grande concentração comporem sistemas com J_{tot} inferiores. SS e SP são evidenciados na figura 28 (painel superior), seguindo aproximadamente a equação 4.5 para estrelas com mais de um planeta, o Sol também é ilustrado na mesma figura portando uma das menores concentrações de J_{tot} nesse tipo de estudo. A figura 28 (painel inferior), menciona que estrelas com planetas detectados por trânsito reportam em geral taxas menores de J_{tot} que VR, o que é bastante plausível tendo em vista a grande eficácia da técnica VR em descobrir planetas com altas massas (J_p (VR) > J_p (trânsito)). O melhor ajuste para os dados por trânsito fornecem uma lei de potência:

$$\log(J_{tot}) = (42,61 \pm 0,03) + (3,02 \pm 0,38) \log\left(\frac{M_*}{M_\odot}\right) \quad (4.6)$$

onde, sistemas multiplanetários seguem uma lei de potência inferior a equação 4.6 juntamente com o Sol que é plotado para efeito de comparação. Agora SS e SP possuem valores de momentum angular total que superam quase todos os sistemas (trânsito) dessa pesquisa. As novas missões de caças aos exoplanetas deram um importante avanço no método de detecção por trânsito, desse modo, este método ganhou uma melhor sensibilidade instrumental, fator importante para localizar planetas de baixa massa (baixo momentum angular orbital). Assim, os valores de J_{tot} foram significativamente afetados, além disso, a maioria dessas estrelas portam somente um planeta, enquanto o Sol possui oito (o momentum angular orbital total aumenta com a massa e quantidade de planetas[34]).

As expressões 4.5 e 4.6 confirmam uma conexão entre momentum angular total do sistema em função da massa estelar, porém, uma observação mais atenta (figura 28) pode gerar a seguinte indagação: por que estrelas que portam planetas descobertos por trânsito apresentam uma relação mais bem comportada (pequena dispersão) do que por velocidade radial? Fazendo

Figura 28 – Momentum angular total versus massa estelar para 257 estrelas com 302 planetas detectados por trânsito e velocidade radial.



Fonte: Autor. **Painel superior:** Sistemas com um planeta e multiplanetários (velocidade radial) são representados por círculos abertos com contornos pretos e vermelhos, respectivamente. Os dados favorecem uma fraca dependência entre $J_{tot}-M_*$, sendo a linha sólida superior o melhor ajuste encontrado ao empregar regressão linear retornando, $J_{tot} \propto M_*^{3,07 \pm 0,85}$. **Painel inferior:** Sistemas com um planeta e multiplanetários (trânsito) são representados por círculos fechados pretos e vermelhos, nessa ordem. Estrelas com planetas detectados por trânsito retornam por sua vez uma relação bem comportada entre, $J_{tot}-M_*$, além de mostrarem valores menores de J_{tot} em relação aos dados por velocidade radial. Isso é perceptível na inclinação do ajuste (linha sólida inferior) fornecendo, $J_{tot} \propto M_*^{3,02 \pm 0,38}$. SS e SP são plotado em ambos os painéis, contendo taxas de momentum angular similares entre si, porém, o Sol (símbolo usual) porta uma das menores taxas dessa grandeza.

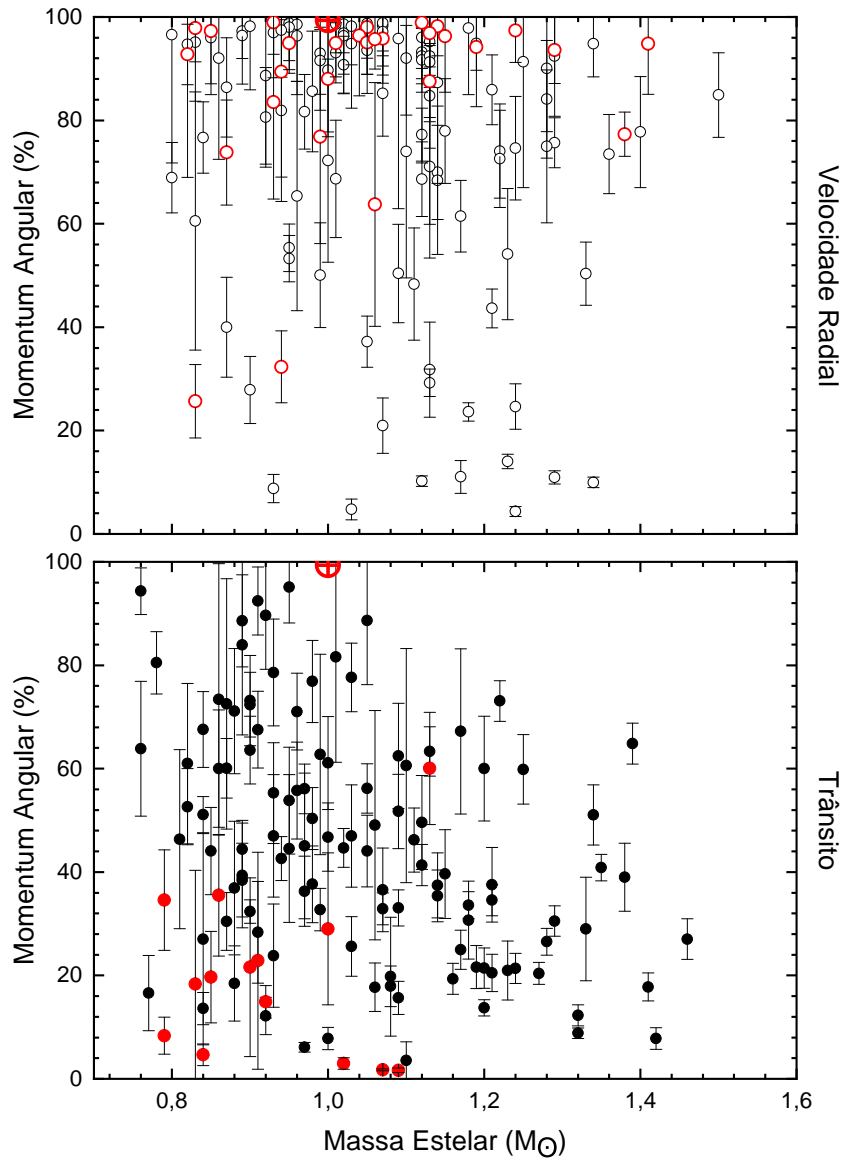
uso da seguinte equação apresentado por Berget *et al.*[49]:

$$\%L = \frac{J_p}{J_{tot}} \quad (4.7)$$

onde $\%L$ serve para calcular os valores em porcentagens da razão entre o momentum angular

planetário e momentum angular total, ou em outras palavras, são as porcentagens de momentum angular que os planetas adquirem do momentum angular total do sistema[49].⁴ Assim, utilizando a equação 4.7 calculamos essas porcentagens para as estrelas hospedeiras com planetas descobertos por trânsito e velocidade radial versus a massa estelar. A figura 29 retrata

Figura 29 – Porcentagens de J_{tot} encontrados nos planetas em função da massa estelar para os dados por trânsito e velocidade radial.



Fonte: Autor. Estrelas com planetas descobertos por trânsito (círculos fechados pretos (um planeta) e vermelhos (multi-planetas)) adquirem em média mais de 40% do momentum angular total do sistema, em comparação aquelas com planetas detectados por velocidade radial (círculos abertos com contornos pretos (um planeta) e vermelhos (multi-planetas)) concentram em média mais de 70% do mesmo. O SP é plotado em ambos os painéis, em que seus planetas concentram umas das maiores porcentagens de J_{tot} dessa pesquisa.

⁴Quanto mais próximo de 1 ou 100% (em porcentagem) estive a razão entre J_p e J_{tot} , maior será as taxas de momentum angular que os planetas retém do momentum angular total do sistema (estrela + planetas). Por exemplo, os oito planetas que orbitam o Sol (SP) retém juntos 99,5% do momentum angular total do sistema, enquanto o Sol dispõem de apenas 0,5% do mesmo.

fortemente os resultados de Berget *et al.*[49], mostrando que a maior parcela do momentum angular do sistema advém dos planetas, mas que uma sutil análise da nossa parte, revela que o método por trânsito e velocidade radial fornecem porcentagens diferentes de $\%L$.

Logo, exoplanetas descobertos por velocidade radial tendem a concentrar em média $76,67 \pm 9,94\%$ do momentum angular total do sistema, enquanto a técnica por trânsito dispõem de exoplanetas que concentram em média $42,43 \pm 7,88\%$ de J_{tot} . Além disso, 140 de 257 sistemas, seus planetas detém $L \geq 60\%$. Mas, estes valores podem aumentar ainda mais, tendo em vista que foram omitidos alguns exoplanetas que pertencem a sistemas com multi-planetas confirmados, por não conterem todas as informações requeridas para este estudo. Este resultado ratifica os anteriores (figura 23, figura 26 e figura 28), além de demonstrar que exoplanetas descobertos por velocidade radial portam taxas mais elevadas de J_{tot} do que trânsito.

Portanto, o resultado obtido na figura 29 é a causa com que a figura 28 retrate a mesma relação, entretanto, com comportamentos diferentes para estrelas com exoplanetas detectados por trânsito e velocidade radial. Como J_{tot} sofre grande influência de J_p e J_* , notamos que em VR (figura 29 painel superior), as estrelas dispõem de porcentagens inferiores de J_{tot} , já os planetas retém em média mais de 70% do mesmo, o que afeta significativamente a conexão entre $J_{tot}-M_*$, devido a figura 27 ilustrar que há uma fraca dependência entre o momentum angular orbital e a massa estelar. Enquanto, os dados por trânsito (figura 29 painel inferior), estrelas e planetas concentram valores mais próximos de J_{tot} , o que favorece uma relação bem comportada entre o momentum angular total e a massa estelar (figura 28 painel inferior).

Ao estudar $J_{tot}-M_p$ em estrelas com planetas (figura 30), encontramos que o momentum angular total do sistema aumenta com a massa planetária, o que é extremamente esperado já que $J_p \propto m_p$. A relação citada acima se torna mais visível a partir de $0,1M_J$, cuja a lei de potência para estrelas com planetas ($\geq 0,1M_J$) descobertos por velocidade radial é dada:

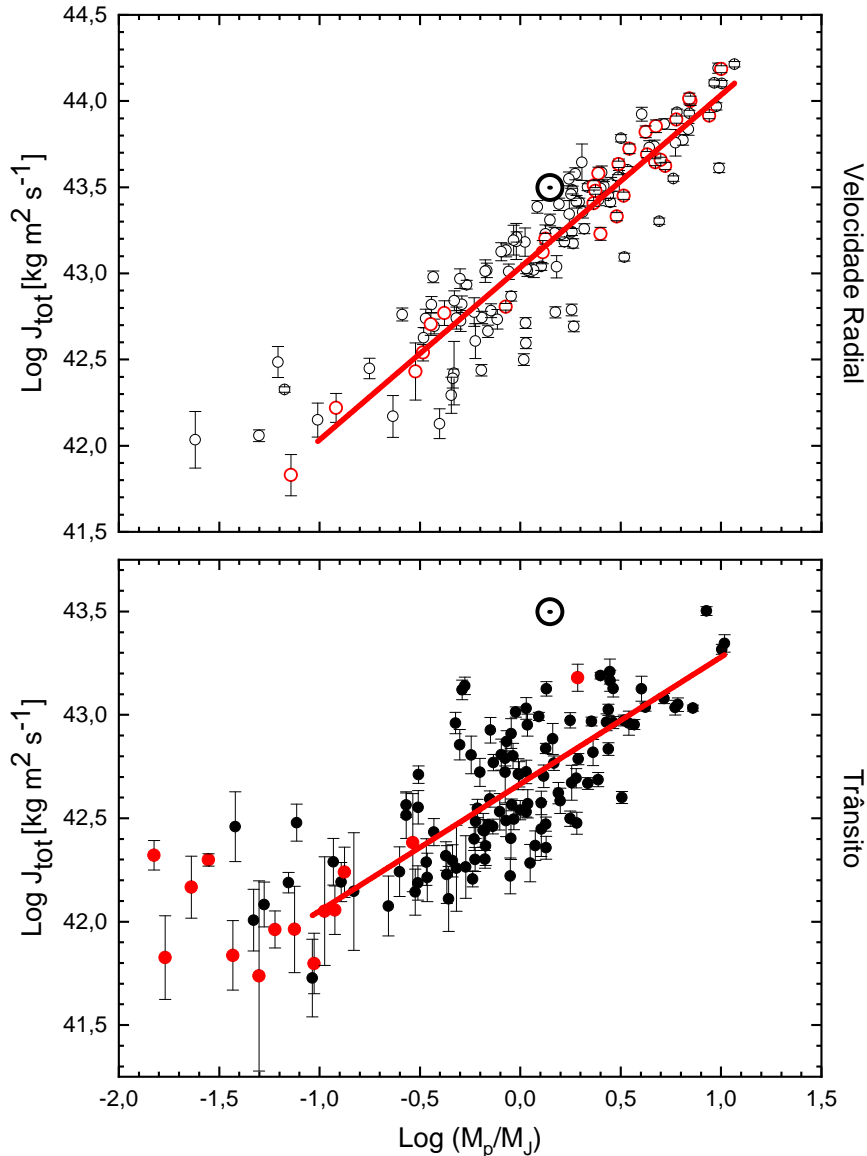
$$\log(J_{tot}) = (43,03 \pm 0,02) + (1,00 \pm 0,04) \log\left(\frac{M_p}{M_J}\right) \quad (4.8)$$

a equação 4.8 fornece uma lei de potência (figura 30 painel superior) um pouco mais elevada que trânsito (figura 30 painel inferior):

$$\log(J_{tot}) = (42,67 \pm 0,02) + (0,61 \pm 0,05) \log\left(\frac{M_p}{M_J}\right) \quad (4.9)$$

As expressões 4.8 e 4.9, fornecem equações do tipo lei de potência bem próximas das propostas por Gurumath *et al.*[5] [$J_{tot} \propto (M_p^{1,00 \pm 0,19})$], sendo que nossos resultados mencionam que o método por velocidade radial produz uma conexão mais organizada entre momentum angular total e massa planetária do que a técnica de trânsito planetário. Conforme mencionado em conclusões passadas, os dados por VR mostram que os planetas concentram em média

Figura 30 – Momentum angular total em função da massa planetária para as amostras de trânsito e velocidade radial.



Fonte: Autor. O painel superior (velocidade radial) e painel inferior (trânsito) retratam o comportamento de $J_{tot}-M_p$. Essa conexão se torna bastante clara para massas $\geq 0,1M_J$ confirmando o estudo de Gurumath *et al.*[5], além disso, os dados por trânsito fornecem, $J_{tot} \propto M_p^{0,61 \pm 0,05}$ sendo uma lei de potência inferior a VR que é dada por, $J_{tot} \propto M_p^{1,00 \pm 0,04}$. O SS é plotado para efeito de comparação em ambos os painéis, estando posicionado acima das leis de potências. Para $\leq 0,1M_J$ a quantidade de dados não nos permite uma análise precisa sobre o comportamento da relação $J_{tot}-M_p$.

mais de 70% de J_{tot} ($J_p > J_*$), fazendo com que a relação entre $J_{tot}-M_p$ se torne cada vez mais linear. Para a região $\leq 0,1M_J$ a quantidade de dados se mostrou insuficiente para uma análise precisa da mesma, entretanto, Gurumath *et al.*[5] mencionam que J_{tot} aumenta com a massa planetária para este intervalo de massa só que ocorre maior dispersão e aponta como explicação que isso se deve a existência de planetas de baixas massas que ainda não foram localizados.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Com a presente dissertação pudemos responder as perguntas feitas na introdução, no entanto, futuras pesquisas podem apoiar nossas conclusões ao levar em consideração sistemas binários, os efeitos de sincronização e marés gravitacional em sistemas planetários e uma amostragem maior de estrelas e planetas. Atualmente, podemos destacar como conclusões dessa pesquisa:

- Partindo das análises feitas, fica evidente que a relação entre momentum angular de spin e massa estelar é fundamental no estudo de J . A respeito dos valores de momentum angular de spin, quando comparamos estrelas da sequência principal e ramos evoluídos com e sem planetas detectados, percebemos que aquelas com planetas apresentam taxas inferiores em relação as que não tem. Um fator que corrobora este resultado, é que os valores de rotações dispostas pelas estrelas sem planetas são superiores as estrelas hospedeiras. Desse modo, ao analisamos o comportamento nas taxas de momentum angular para estrelas com e sem planetas em diferentes estágios evolutivos, deixamos com a presente pesquisa um provável traçado evolutivo de J_* para o Sol.
- Ao comparamos duas amostras com planetas descobertos por técnicas diferentes de detecção planetária (trânsito e velocidade radial) encontramos que:
 1. Dados da nossa pesquisa mostram que a relação entre J_*-M_p não é confirmada, estando em conformidade com o trabalho de Paz-Chinchón *et al.*[18] e em oposição ao resultado de Alves *et al.*[4], porém, as taxas de J_* sofrem influência das técnicas de detecção de exoplanetas que são usadas para estimar propriedades físicas em sistemas planetários e que posteriormente servem para computar o mesmo.
 2. Cada técnica possuem características próprias que as diferenciam no ato do cálculo de J . O método de trânsito planetário se mostrou bastante promissor na busca por exoplanetas de baixas massas à medida que tecnologias mais poderosas foram empregadas nas missões exoplanetárias e a técnica de velocidade radial desde seu primórdio é um excelente caçador de exoplanetas gigantes. Dados estatísticos dessa pesquisa, mostram que trânsito encontra mais sistemas com estrelas que giram mais rápido sobre seu eixo do que aqueles descobertos por velocidade radial (J_* (trânsito) > J_* (velocidade radial)) de uma maneira geral. Enquanto isso, velocidade radial se destaca no estudo do momentum angular orbital (J_p (velocidade radial) > J_p (trânsito)) e por fim, o momentum angular

total recebe as contribuições de J_* e J_p , cujo a velocidade radial adquirir taxas maiores de J_{tot} em relação a trânsito.

3. Ao computamos $\%L$, descobrimos que cada método de detecção planetária possuem concentrações diferentes de J_{tot} . Logo, exoplanetas descobertos por velocidade radial concentram em média mais de 70% do momentum angular total do sistema, já trânsito retém em média mais de 40%. Mas, vale ressaltar que 140 de 257 sistemas analisados, os planetas retém $L \geq 60\%$, ou seja, há uma clara tendência que os planetas em sistemas planetários (inclusive os do Sol) retenham a maior parcela de J_{tot} .

Uma das perspectivas de trabalho futuro é inserir sistemas binários, já que este tipo de sistema foi excluído da presente dissertação, além disso, uma amostragem maior de estrelas e planetas é requerida para um estudo mais abrangente sobre o momentum angular total em função da massa planetária para $\leq 0,1M_J$, visto que, a quantidade de dados presente para esse intervalo de massa se mostrou insuficiente para uma análise precisa. Pretendemos usar os dados da missão TESS da Nasa lançada em 2018, por contar com instrumentos poderosos na busca por planetas de baixas massas. Nesse novo estudo usaremos dados de período para obter a velocidade real de rotação estelar e não por $v \sin i$ como foi utilizado na presente pesquisa.

Um estudo detalhado sobre os efeitos de sincronização e marés gravitacional usando as estrelas da missão TESS, podem explicar algum mecanismo adicional que interfere na rotação das estrelas com planetas. Um caso ainda em aberto é a relação de J_*-M_p , intrigando vários pesquisadores (Alves *et al.*[4] e Paz-Chinchón *et al.*[18]) pelo contraste de resultados. Na presente dissertação a relação entre o momentum angular estelar e massa dos planetas não é confirmada, contudo, a análise feita não leva em consideração se os efeitos de interações em sistemas com mais de dois corpos podem influenciar no resultado obtido.

Muitas perguntas sobre estudo do momentum angular estelar permanecem em aberto, em especial, entender todo o processo evolutivo de J_* (desde seu nascimento até os ramos evoluídos). Onde, um comparativo de momentum angular entre estrelas pré, sequência principal e ramos evoluídos podem levar à tona essa questão. Outro fator que pode ser levado em consideração nesse processo, é como a presença planetária interfere nos valores de J_* ao longo do tempo.

APÊNDICE A - PRINCIPAIS MÉTODOS DE DETECÇÃO PLANETÁRIA

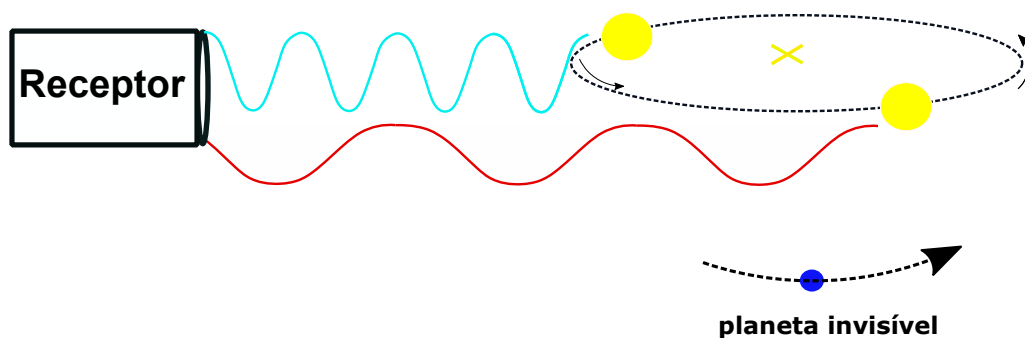
Nessa seção iremos expor as principais características das técnicas de velocidade radial e trânsito e suas influências para descobertas de novos exoplanetas. Atualmente já se sabe que esses dois métodos são responsáveis pela grande parcela das detecções exoplanetárias e que em geral as duas técnicas são empregadas para identificação dos principais parâmetros físicos dos planetas. Por exemplo, com o uso da velocidade radial podemos estimar a massa mínima do planetária e com a utilização do trânsito temos uma estimativa do raio dos planetas.

A.1 Velocidade radial

Uma estrela hospedeira sofre oscilações em torno de uma pequena órbita devida a interação gravitacional de um planeta[63]. Aqui na Terra, podemos observar este efeito ao analisamos as linhas espectrais desse sistema, em outras palavras, a presença planetária provoca desvios nas linhas espectrais de sua estrela, o que significa que está ocorrendo um movimento relativo entre a fonte das ondas (estrela) e o observador (efeito Doppler)[64]. Assim, a técnica de velocidade radial consiste em investigar alterações na velocidade que uma estrela se afasta ou se aproxima de nós[36].

A figura 31 ilustra o efeito Doppler em consequência da oscilação estelar. O seu movimento de aproximação em relação ao receptor provoca um aumento na frequência das ondas recebidas (desvio para azul) e de afastamento causa uma diminuição na frequência das mesmas (desvio para vermelho).

Figura 31 – Efeito Doppler estelar.



Fonte: Adaptado de <http://obswww.unige.ch/~udry/planet/method.html>.

Com uso do efeito Doppler podemos medir a velocidade radial v de uma dada estrela[65]. Considerando o caso que os efeitos relativísticos podem ser negligenciados ($v <$

0, 1c), a diferença entre o comprimento de onda medido em laboratório (λ) e o comprimento de onda próprio (λ_0) é dado por:

$$\Delta\lambda = \lambda_0 \frac{v}{c} \quad (\text{A.1})$$

Rearranjando a equação A.1 podemos escrever a mesma em termos da velocidade radial:

$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c \quad (\text{A.2})$$

De pose da equação acima, William Huggins em 1868 analisando o espectro de Sirius verificou uma pequena diferença em suas linhas espectrais, conseguindo assim, estimar sua velocidade radial[66]. A alta resolução dos espectros para análise espectral estelar é requisitada no método por velocidade radial, com isso, o mesmo acaba sendo utilizado para distâncias de até 160 anos-luz da Terra (desvantagem)[36].

Outra desvantagem dessa técnica é que a mesma sobre influência da inclinação da órbita, massa e distância orbital dos planetas, ou seja, a amplitude de oscilação que a estrela sofre em razão da atração gravitacional do planeta depende fortemente desses fatores[36]. Por exemplo, Júpiter provoca uma alteração de 12 m/s na velocidade radial do Sol, enquanto um planeta como a terra induz uma mudança de apenas 0,09 m/s [37]. Alguns espectrômetros modernos (ELODIE e CORALIE, por exemplo) medem variações de < 10 m/s na velocidade radial estelar[36].

Desse modo, o método por velocidade radial tem grande eficácia em encontrar planetas massivos e que se encontre em órbitas curtas (vantagem), contudo, planetas que estejam em órbitas longínquas podem ser localizados também mais requerem anos de observação[36]. Atualmente é o segunda técnica que mais encontra exoplanetas ficando atrás apenas do trânsito planetário. Devida a inclinação das órbitas dos planetas, o método por velocidade radial consegue estimar na maioria das observações um valor mínimo da massa planetária ($M_p \sin i$)[37].

Uma grande vantagem desse método para o estudo do momentum angular estelar é utilizarem instrumentos que permitem obter uma alta sensibilidade nas taxas de rotações estelares (estrelas de baixa rotação)[34].

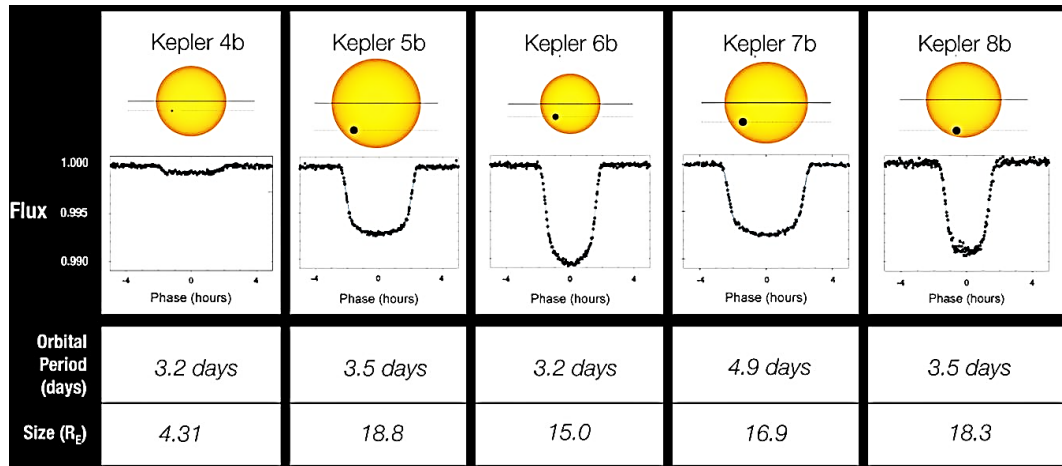
A.2 Trânsito planetário

Um planeta ao passar entre um observador terrestre e sua estrela causa uma diminuição aparente no fluxo luminoso da mesma[38]. O uso da fotometria pode ser empregado para indicar a assinatura planetária através da chamada curva de luz (fluxo relativo versus tempo)[67].

A figura 32 representa as curvas de luz para os trânsitos de cinco exoplanetas que

foram descobertos pela sonda Kepler. Uma informação visível é que a profundidade do trânsito (diminuição do fluxo luminoso) depende do tamanho, um favorável alinhamento orbital e distância entre planeta e estrela. Por exemplo, o planeta Kepler-6b apresenta a maior profun-

Figura 32 – Curvas de luz para o trânsito de cinco exoplanetas descobertos pela missão Kepler da Nasa.



Fonte: Retirado de https://archive.stsci.edu/prepds/kepler_hlsp/.

didade de trânsito dentre os cinco exoplanetas analisados e isso pode se explicado tomando as considerações ditas acima, ou seja, por possuir um raio de cerca de 10% de sua estrela (Kepler-6)¹, com um trânsito observado em um favorável alinhamento orbital com a mesma e por contar com uma orbita curta (cerca de 3,5 dias para ocorrer um período orbital), Kepler-6b causa a maior diminuição visual na luminosidade de sua estrela.

Por outro lado, um exoplaneta como Kepler-4b mesmo tendo período e alinhamento orbital similar (no momento da observação) a Kepler-6b, produz a menor profundidade de trânsito (trânsito raso) dentre todos os exoplanetas analisados nessa exemplificação e isso se deve principalmente ao seu tamanho em relação a sua estrela (Kepler-4)².

Além das informações como período orbital do planeta, tempo e profundidade de trânsito, a curva de luz pode trazer a informação sobre o raio planetário:

$$\Delta F = \left(\frac{R_p}{R_\star} \right)^2 \quad (\text{A.3})$$

a equação A.3 é uma expressão matemática obtida ao assumimos que a relação entre o raio do planeta (R_p) e sua estrela (R_\star) é responsável pela diminuição ΔF no fluxo luminoso da estrela durante o trânsito planetário, assim, planetas com grandes raios apresentam diminuições mais

¹Kepler-6 é uma estrela com cerca de $1,209M_\odot$ e $1,391R_\odot$, que hospeda um exoplaneta gasoso chamado de Kepler-6b com cerca de $0,669M_J$ e $1,323R_J$ [68].

²Kepler-4 é uma estrela com cerca de $1,223M_\odot$ e $1,487R_\odot$ que hospeda o exoplaneta Kepler-4b com cerca de $0,077M_J$ e $0,357R_J$ [69].

perceptíveis no fluxo estelar que planetas com raios pequenos[38]. Como consequência, um Júpiter quente que se encontre a 0,05 UA de sua estrela possui uma probabilidade 20 vezes maior de ser localizado que um planeta de porte terrestre a 1 UA[38]. No entanto, a partir da chegada das missões CoRoT (2006) e Kepler (2009), o método por trânsito planetário ganhou um viés maior na detecção de planetas de baixa massa.

Para o estudo do momentum angular estelar, o método de trânsito acaba se destacando por não contar com instrumentos que permitem uma alta sensibilidade nas taxas de rotações estelares, como ocorre com a velocidade radial, desse modo, o mesmo localiza mais sistemas com estrelas de rotações elevadas do que a técnica por velocidade radial[34].

APÊNDICE B - EXTRATOS DAS AMOSTRAS PRESENTES NESSE ESTUDO

Primeiramente apresentamos os dados selecionados da amostra de Lanzafame *et al.* [39](obtemos os dados dos referidos pesquisadores a partir da base de dados: VizieR - Université de Strasbourg (Centre de Données astronomiques de Strasbourg)[70]), onde utilizamos 98 estrelas sem informações de planetas de um total de 217, preservando a completeza em $v \sin i$. O objetivo dessa amostra foi comparar as taxas de J_* da mesma com estrelas que possuem planetas confirmados (trânsito e velocidade radial). A partir de $v \sin i$, massa e raio das estrelas, plotamos $\log(J_*)$ em função $\log(M_*)$, cujo os principais parâmetros físicos se encontram na tabela 4:

Tabela 4: Amostra de estrelas da sequência principal sem planetas de Lanzafame *et al.* [39].

Nome Estrela	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	$\log(J_*)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HAT 214-0001101	1,05	0,96	15,5	42,94
HAT 259-0001868	0,88	0,78	3,1	42,07
HAT 259-0000955	1,02	0,92	11,1	42,76
HAT 259-0000962	1,00	0,90	8,5	42,63
HAT 259-0002206	0,81	0,72	4,9	42,20
HAT 259-0002463	0,80	0,71	5,5	42,24
HAT 259-0000690	1,06	0,97	9,6	42,74
HAT 259-0000652	1,10	1,02	11,8	42,87
HAT 259-0001380	0,93	0,83	5,2	42,35
HAT 259-0001198	0,99	0,90	5,6	42,44
HAT 259-0001892	0,90	0,80	12,1	42,68
HAT 259-0001940	0,92	0,82	4,1	42,23
HAT 259-0001548	0,91	0,81	4,8	42,29
HAT 259-0000979	1,03	0,93	11,2	42,77
HAT 259-0001132	0,95	0,86	9,3	42,62
HAT 259-0001419	1,02	0,93	8,9	42,67
HAT 259-0000417	1,22	1,18	19,4	43,19
HAT 259-0001874	0,86	0,77	6,7	42,39
HAT 259-0001804	0,86	0,76	5,9	42,33

Continua na próxima página

Nome Estrela	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HAT 259-0001214	1,06	0,98	12,2	42,85
HAT 259-0000643	1,18	1,12	18,3	43,13
HAT 259-0002484	0,84	0,75	6,8	42,38
HAT 259-0000558	1,14	1,07	13,4	42,96
HAT 259-0000923	1,04	0,95	9,4	42,71
HAT 259-0001304	0,96	0,86	5,3	42,38
HAT 259-0000897	1,03	0,94	11,8	42,80
HAT 259-0000642	1,21	1,17	11,1	42,94
HAT 259-0001898	0,86	0,77	6,8	42,40
HAT 259-0001259	0,97	0,87	6,8	42,50
HAT 259-0001041	1,01	0,92	12,1	42,79
HAT 259-0000918	1,05	0,96	5,9	42,52
HAT 259-0001450	0,96	0,86	7,8	42,55
HAT 259-0001451	0,95	0,85	14,7	42,82
HAT 259-0000968	1,05	0,96	5,1	42,45
HAT 214-0001242	0,99	0,89	8,1	42,60
HAT 259-0001031	1,11	1,04	10,8	42,84
HAT 259-0001371	0,99	0,90	18,9	42,97
HAT 259-0000405	1,22	1,18	18,2	43,16
HAT 259-0001503	0,92	0,82	3,9	42,21
HAT 259-0002239	0,86	0,76	5,1	42,27
HAT 259-0001291	0,93	0,83	6,3	42,43
HAT 259-0002610	0,81	0,71	5,2	42,22
HAT 259-0000655	1,11	1,04	18,3	43,07
HAT 260-0001027	1,06	0,97	10,5	42,78
HAT 214-0001648	0,94	0,84	7,8	42,53
HAT 260-0000615	1,20	1,15	11,9	42,96
HAT 214-0002566	0,84	0,74	4,5	42,19
HAT 260-0001390	1,00	0,91	6,8	42,53
HAT 260-0002861	0,83	0,73	3,5	42,07
HAT 260-0001412	0,95	0,85	4,8	42,33
HAT 260-0000985	1,15	1,08	11,0	42,88
HAT 260-0001997	0,99	0,90	9,7	42,68
HAT 260-0002279	0,97	0,87	5,2	42,39
HAT 260-0000639	1,17	1,12	18,2	43,12

Continua na próxima página

Nome Estrela	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HAT 260-0001893	0,91	0,81	5,6	42,36
HAT 260-0001743	0,92	0,82	7,0	42,47
HAT 260-0000875	1,09	1,01	11,9	42,86
HAT 260-0000950	1,07	0,99	9,6	42,75
HAT 260-0003661	0,83	0,74	4,9	42,22
HAT 260-0002411	0,95	0,85	5,4	42,38
HAT 260-0002227	0,88	0,78	3,6	42,14
HAT 260-0002776	0,82	0,73	3,5	42,06
HAT 260-0000924	1,09	1,01	16,4	43,00
HAT 260-0002170	0,86	0,77	6,3	42,36
HAT 260-0001846	0,91	0,82	6,4	42,42
HAT 260-0002705	0,83	0,74	4,8	42,21
HAT 260-0004206	0,81	0,72	15,0	42,69
HAT 260-0001834	0,92	0,82	3,9	42,21
HAT 260-0003041	0,81	0,72	4,9	42,20
HAT 260-0000957	1,08	1,00	13,6	42,91
HAT 260-0002271	0,97	0,87	9,6	42,65
HAT 260-0001402	0,98	0,88	1,8	41,93
HAT 214-0001973	0,89	0,79	5,2	42,31
HAT 260-0000887	1,10	1,03	11,2	42,85
HAT 260-0001202	1,02	0,93	9,8	42,71
HAT 260-0000809	1,11	1,04	14,2	42,96
HAT 260-0001740	0,96	0,86	8,0	42,56
HAT 260-0001951	0,88	0,78	5,3	42,30
HAT 260-0000810	1,09	1,00	10,3	42,79
HAT 260-0001556	0,96	0,86	3,7	42,23
HAT 260-0001664	0,94	0,85	6,5	42,46
HAT 260-0001146	1,01	0,91	3,6	42,26
HAT 260-0001783	0,91	0,81	4,3	42,24
HAT 260-0001327	0,99	0,90	8,5	42,62
HAT 260-0001840	0,90	0,80	4,9	42,29
HAT 260-0000778	1,13	1,06	13,8	42,96
HAT 260-0001380	0,98	0,88	5,0	42,38
HAT 260-0001590	0,96	0,86	5,4	42,39
HAT 214-0001469	0,97	0,87	2,2	42,01

Continua na próxima página

Nome Estrela	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HAT 260-0001944	0,89	0,79	6,0	42,37
HAT 260-0002721	0,84	0,74	6,2	42,33
HAT 260-0001106	1,03	0,94	14,6	42,89
HAT 260-0001595	0,94	0,84	6,7	42,47
HAT 260-0000692	1,18	1,13	4,3	42,50
HAT 260-0000911	1,11	1,03	17,6	43,05
HAT 260-0002009	0,97	0,87	16,3	42,88
HAT 260-0001011	1,12	1,05	5,2	42,53
HAT 260-0001749	0,94	0,84	11,1	42,69

A amostra de Jofré *et al.* [40] (obtemos os dados dos referidos pesquisadores a partir da base de dados: VizieR - Université de Strasbourg (Centre de Données astronomiques de Strasbourg)[70]) foi usada para estudar o momentum angular de spin em estrelas dos ramos evoluídos com e sem planetas detectados. Utilizamos 223 estrelas das classes gigantes e subgigantes, comparando os valores de J_{\star} (figura 20 e figura 21) entre si. As principais informações dessa análise se encontram na tabela 5 :

Tabela 5: Amostra de estrelas dos ramos evoluídos com e sem planetas de Jofré *et al.* [40].

Nome Estrela	Classe	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 1502	GWP	$1,53 \pm 0,17$	$3,98 \pm 0,76$	$1,57 \pm 0,40$	5011 ± 27	$42,72 \pm 0,15$
HD 1690	GWP	$1,02 \pm 0,10$	$19,6 \pm 2,08$	$3,02 \pm 0,45$	4406 ± 32	$43,52 \pm 0,09$
HD 4313	GWP	$1,71 \pm 0,13$	$4,38 \pm 0,55$	$1,91 \pm 0,25$	5005 ± 10	$42,90 \pm 0,09$
HD 4732	GWP	$1,81 \pm 0,09$	$4,94 \pm 0,34$	$1,67 \pm 1,36$	4989 ± 15	$42,92 \pm 0,50$
HD 5608	GWP	$1,72 \pm 0,07$	$4,93 \pm 0,19$	$2,09 \pm 0,23$	4929 ± 32	$42,99 \pm 0,05$
HD 5891	GWP	$1,03 \pm 0,08$	$5,80 \pm 0,70$	$0,63 \pm 0,45$	4816 ± 20	$42,32 \pm 0,40$
HD 11977	GWP	$2,13 \pm 0,15$	$9,94 \pm 0,35$	$0,74 \pm 0,45$	5008 ± 21	$42,94 \pm 0,31$
HD 12929	GWP	$1,34 \pm 0,29$	$13,10 \pm 0,39$	$0,50 \pm 0,46$	4636 ± 13	$42,69 \pm 0,78$
HD 15779	GWP	$2,12 \pm 0,18$	$9,56 \pm 0,74$	$0,83 \pm 0,45$	4860 ± 29	$42,97 \pm 0,27$
HD 16400	GWP	$2,06 \pm 0,19$	$9,73 \pm 0,78$	$1,20 \pm 0,47$	4867 ± 33	$43,12 \pm 0,19$
HD 18742	GWP	$1,48 \pm 0,11$	$4,08 \pm 0,56$	$1,72 \pm 0,23$	5021 ± 14	$42,76 \pm 0,09$
HD 28305	GWP	$2,79 \pm 0,11$	$12,31 \pm 0,52$	$2,74 \pm 0,45$	5016 ± 27	$43,72 \pm 0,08$
HD 28678	GWP	$1,41 \pm 0,19$	$3,71 \pm 0,91$	$1,98 \pm 0,48$	5071 ± 37	$42,76 \pm 0,17$

Continua na próxima página

Nome Estrela	Classe	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{*})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 30856	GWP	1,31 ± 0,11	4,15 ± 0,45	1,84 ± 0,23	4943 ± 15	42,74 ± 0,08
HD 33142	GWP	1,60 ± 0,13	4,22 ± 0,57	1,61 ± 0,22	5009 ± 15	42,78 ± 0,09
HD 47205	GWP	1,50 ± 0,05	4,63 ± 0,12	1,97 ± 0,23	4817 ± 32	42,88 ± 0,05
HD 47536	GWP	0,91 ± 0,03	22,39 ± 1,05	1,81 ± 0,45	4424 ± 16	43,31 ± 0,11
HD 59686	GWP	1,43 ± 0,23	11,22 ± 0,70	1,03 ± 0,23	4670 ± 34	42,96 ± 0,13
HD 62509	GWP	2,10 ± 0,08	8,31 ± 0,09	2,31 ± 0,45	4946 ± 18	43,35 ± 0,09
HD 66141	GWP	0,98 ± 0,06	21,43 ± 1,18	1,91 ± 0,45	4328 ± 21	43,35 ± 0,11
HD 73108	GWP	1,16 ± 0,13	17,20 ± 1,16	2,08 ± 0,48	4471 ± 11	43,36 ± 0,12
HD 81688	GWP	1,76 ± 0,12	10,08 ± 0,49	1,21 ± 0,45	4919 ± 22	43,08 ± 0,17
HD 89484	GWP	1,56 ± 0,15	28,13 ± 1,04	2,36 ± 0,45	4465 ± 18	43,76 ± 0,10
HD 90043	GWP	1,78 ± 0,08	4,85 ± 0,33	1,78 ± 0,23	5038 ± 20	42,93 ± 0,07
HD 95089	GWP	1,67 ± 0,17	4,73 ± 0,84	1,71 ± 0,24	4974 ± 28	42,87 ± 0,11
HD 96063	GWP	1,39 ± 0,12	3,33 ± 0,45	1,71 ± 0,26	5125 ± 15	42,64 ± 0,10
HD 98219	GWP	1,52 ± 0,14	4,52 ± 0,70	1,53 ± 0,23	4946 ± 25	42,76 ± 0,10
HD 107383	GWP	1,66 ± 0,21	19,83 ± 1,90	2,96 ± 1,15	4670 ± 10	43,73 ± 0,19
HD 108863	GWP	1,41 ± 0,19	5,28 ± 0,92	1,05 ± 0,46	4863 ± 36	42,64 ± 0,23
HD 110014	GWP	2,28 ± 0,35	20,15 ± 2,00	2,52 ± 0,45	4559 ± 53	43,81 ± 0,11
HD 112410	GWP	1,21 ± 0,25	8,83 ± 0,84	3,29 ± 0,47	4793 ± 22	43,29 ± 0,12
HD 120084	GWP	2,12 ± 0,13	9,13 ± 0,42	2,62 ± 0,45	4892 ± 23	43,45 ± 0,08
HD 122430	GWP	1,62 ± 0,19	21,2 ± 2,06	2,59 ± 0,45	4383 ± 19	43,69 ± 0,10
HD 136512	GWP	1,07 ± 0,19	10,13 ± 0,40	0,47 ± 0,61	4812 ± 13	42,45 ± 0,15
HD 137759	GWP	1,14 ± 0,25	12,44 ± 0,29	1,86 ± 0,45	4504 ± 16	43,16 ± 0,15
HD 141680	GWP	1,2 ± 0,24	10,48 ± 0,52	0,99 ± 0,98	4797 ± 16	42,84 ± 0,15
HD 142091	GWP	1,53 ± 0,07	5,09 ± 0,14	1,36 ± 0,23	4803 ± 25	42,77 ± 0,08
HD 148427	GWP	1,41 ± 0,05	3,15 ± 0,21	2,09 ± 0,25	5030 ± 11	42,71 ± 0,06
HD 163917	GWP	2,88 ± 0,12	13,58 ± 0,62	2,84 ± 1,53	4997 ± 56	43,79 ± 0,26
HD 170693	GWP	1,07 ± 0,11	19,86 ± 1,05	1,76 ± 0,45	4446 ± 12	43,32 ± 0,13
HD 180902	GWP	1,51 ± 0,11	3,94 ± 0,47	1,36 ± 0,23	4989 ± 27	42,65 ± 0,10
HD 181342	GWP	1,78 ± 0,11	4,55 ± 0,49	1,92 ± 0,23	4976 ± 26	42,94 ± 0,08
HD 188310	GWP	1,10 ± 0,16	10,26 ± 0,38	3,43 ± 0,99	4807 ± 15	43,33 ± 0,15
HD 192699	GWP	1,48 ± 0,11	4,05 ± 0,29	2,53 ± 1,05	5227 ± 16	42,92 ± 0,20
HD 199665	GWP	2,35 ± 0,07	7,19 ± 0,38	1,60 ± 0,45	5071 ± 10	43,18 ± 0,13
HD 200964	GWP	1,59 ± 0,07	4,21 ± 0,31	1,88 ± 0,23	5096 ± 21	42,84 ± 0,07
HD 203949	GWP	1,99 ± 0,10	9,16 ± 0,33	2,03 ± 0,40	4748 ± 42	43,31 ± 0,09
HD 206610	GWP	1,43 ± 0,18	4,59 ± 1,10	1,77 ± 0,40	4819 ± 9	42,81 ± 0,16

Continua na próxima página

Nome Estrela	Classe	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{*})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 210702	GWP	$1,58 \pm 0,07$	$4,88 \pm 0,22$	$2,26 \pm 0,24$	4957 ± 22	$42,98 \pm 0,05$
HD 212771	GWP	$1,60 \pm 0,13$	$4,26 \pm 0,59$	$1,79 \pm 0,23$	5085 ± 25	$42,83 \pm 0,09$
HD 219449	GWP	$1,76 \pm 0,21$	$9,65 \pm 0,46$	$1,49 \pm 0,45$	4838 ± 28	$43,15 \pm 0,15$
HD 221345	GWP	$1,12 \pm 0,24$	$10,49 \pm 0,51$	$1,63 \pm 0,47$	4743 ± 31	$43,03 \pm 0,16$
HD 222404	GWP	$1,19 \pm 0,09$	$4,69 \pm 0,12$	$1,63 \pm 0,23$	4794 ± 35	$42,70 \pm 0,07$
BD+48 738	GWP	$0,74 \pm 0,39$	$11,10 \pm 1,00$	$1,97 \pm 0,45$	4519 ± 30	$42,95 \pm 0,29$
NGC 2423-3	GWP	$1,63 \pm 0,23$	$11,82 \pm 0,43$	$2,14 \pm 0,45$	4726 ± 20	$43,36 \pm 0,11$
NGC 4349-127	GWP	$2,05 \pm 0,24$	$27,15 \pm 1,20$	$2,54 \pm 0,55$	4512 ± 26	$43,89 \pm 0,11$
HD 2114	GWOP	$3,10 \pm 0,27$	$12,53 \pm 2,40$	$0,69 \pm 0,45$	5307 ± 21	$43,17 \pm 0,36$
HD 3546	GWOP	$1,01 \pm 0,35$	$9,04 \pm 0,34$	$1,70 \pm 0,45$	5082 ± 20	$42,93 \pm 0,20$
HD 5395	GWOP	$1,44 \pm 0,16$	$10,37 \pm 0,26$	$0,54 \pm 0,38$	4937 ± 14	$42,65 \pm 0,39$
HD 5722	GWOP	$1,76 \pm 0,18$	$10,07 \pm 0,62$	$0,83 \pm 0,48$	4903 ± 28	$42,91 \pm 0,29$
HD 9408	GWOP			$0,44 \pm 0,45$	4825 ± 30	
HD 10761	GWOP	$3,03 \pm 0,12$	$14,57 \pm 1,01$	$2,88 \pm 0,55$	5004 ± 24	$43,85 \pm 0,09$
HD 10975	GWOP	$2,07 \pm 0,10$	$8,48 \pm 0,43$	$0,83 \pm 0,45$	4957 ± 22	$42,91 \pm 0,27$
HD 11949	GWOP	$1,41 \pm 0,17$	$8,27 \pm 0,55$	$1,85 \pm 0,45$	4757 ± 25	$43,08 \pm 0,12$
HD 12438	GWOP	$1,04 \pm 0,22$	$9,62 \pm 0,44$	$0,92 \pm 0,44$	5048 ± 26	$42,71 \pm 0,25$
HD 13468	GWOP	$1,94 \pm 0,16$	$9,58 \pm 0,69$	$0,78 \pm 0,45$	4897 ± 27	$42,9 \pm 0,29$
HD 17824	GWOP	$2,40 \pm 0,10$	$8,12 \pm 0,51$	$1,11 \pm 0,50$	5049 ± 20	$43,08 \pm 0,21$
HD 18322	GWOP	$1,43 \pm 0,22$	$10,48 \pm 0,21$	$2,34 \pm 0,45$	4742 ± 19	$43,29 \pm 0,11$
HD 18885	GWOP	$1,91 \pm 0,10$	$8,95 \pm 0,62$	$2,29 \pm 0,43$	4811 ± 35	$43,34 \pm 0,09$
HD 19845	GWOP	$2,45 \pm 0,08$	$7,56 \pm 0,51$	$0,88 \pm 0,73$	5100 ± 20	$42,96 \pm 0,52$
HD 20791	GWOP	$2,46 \pm 0,09$	$8,23 \pm 0,57$	$0,98 \pm 0,45$	5007 ± 22	$43,04 \pm 0,22$
HD 20894	GWOP	$2,89 \pm 0,15$	$12,88 \pm 1,25$	$2,45 \pm 0,49$	5133 ± 42	$43,7 \pm 0,10$
HD 22409	GWOP	$2,17 \pm 0,26$	$10,97 \pm 1,03$	$1,23 \pm 0,45$	5004 ± 15	$43,21 \pm 0,18$
HD 22663	GWOP	$1,43 \pm 0,25$	$13,01 \pm 0,54$	$1,40 \pm 0,55$	4660 ± 21	$43,16 \pm 0,20$
HD 22675	GWOP	$2,55 \pm 0,16$	$11,1 \pm 0,92$	$0,94 \pm 0,45$	4942 ± 14	$43,17 \pm 0,23$
HD 23319	GWOP	$1,18 \pm 0,18$	$11,01 \pm 0,35$	$1,70 \pm 0,43$	4581 ± 26	$43,09 \pm 0,13$
HD 23940	GWOP	$1,00 \pm 0,17$	$9,95 \pm 0,40$	$4,07 \pm 0,45$	4860 ± 45	$43,35 \pm 0,09$
HD 27256	GWOP	$3,12 \pm 0,03$	$12,61 \pm 0,36$	$4,67 \pm 0,46$	5211 ± 20	$44,01 \pm 0,04$
HD 27348	GWOP	$2,60 \pm 0,08$	$8,96 \pm 0,54$	$1,41 \pm 0,45$	5056 ± 25	$43,26 \pm 0,15$
HD 27371	GWOP	$2,60 \pm 0,14$	$11,38 \pm 0,66$	$1,55 \pm 0,45$	5024 ± 34	$43,4 \pm 0,13$
HD 27697	GWOP	$2,54 \pm 0,13$	$10,89 \pm 0,50$	$2,31 \pm 0,52$	4983 ± 15	$43,55 \pm 0,10$
HD 28307	GWOP	$2,67 \pm 0,16$	$10,55 \pm 0,53$	$1,40 \pm 0,51$	5080 ± 37	$43,34 \pm 0,17$
HD 30557	GWOP	$1,76 \pm 0,14$	$10,19 \pm 0,50$	$0,88 \pm 0,45$	4863 ± 19	$42,94 \pm 0,25$

Continua na próxima página

Nome Estrela	Classe	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 32887	GWOP	1,67 ± 0,14	34,99 ± 1,78	3,03 ± 0,31	4243 ± 25	43,99 ± 0,06
HD 34538	GWOP	1,22 ± 0,08	5,33 ± 0,22	2,09 ± 0,23	4916 ± 27	42,88 ± 0,06
HD 34559	GWOP	2,47 ± 0,08	8,14 ± 0,46	1,15 ± 0,62	5035 ± 23	43,11 ± 0,26
HD 34642	GWOP	1,57 ± 0,07	5,04 ± 0,14	1,72 ± 0,23	4936 ± 28	42,88 ± 0,06
HD 35369	GWOP	2,22 ± 0,17	10,36 ± 0,45	2,31 ± 0,45	4990 ± 20	43,47 ± 0,09
HD 36189	GWOP	3,14 ± 0,14	16,68 ± 1,26	4,32 ± 0,39	5059 ± 30	44,10 ± 0,05
HD 36848	GWOP	1,11 ± 0,10	7,36 ± 0,35	0,90 ± 0,47	4589 ± 48	42,61 ± 0,26
HD 37160	GWOP	1,07 ± 0,04	7,72 ± 0,27	1,91 ± 0,53	4856 ± 11	42,94 ± 0,13
HD 43023	GWOP	2,50 ± 0,10	8,14 ± 0,62	1,26 ± 0,46	5070 ± 20	43,15 ± 0,17
HD 45415	GWOP	1,77 ± 0,14	10,15 ± 0,48	2,33 ± 0,69	4811 ± 19	43,37 ± 0,14
HD 48432	GWOP	1,99 ± 0,06	7,90 ± 0,30	1,98 ± 0,93	4916 ± 23	43,24 ± 0,22
HD 50778	GWOP	0,95 ± 0,03	31,91 ± 1,92	2,72 ± 0,40	4145 ± 26	43,66 ± 0,07
HD 54810	GWOP	1,07 ± 0,20	10,32 ± 0,44	2,33 ± 0,50	4714 ± 46	43,15 ± 0,13
HD 60986	GWOP	2,58 ± 0,12	8,37 ± 0,79	1,64 ± 0,45	5146 ± 31	43,29 ± 0,13
HD 61363	GWOP	1,68 ± 0,15	10,43 ± 0,49	0,55 ± 0,45	4871 ± 24	42,73 ± 0,51
HD 61935	GWOP	2,25 ± 0,13	9,64 ± 0,37	0,92 ± 0,45	4950 ± 23	43,04 ± 0,24
HD 62902	GWOP	1,10 ± 0,19	10,69 ± 0,69	1,97 ± 0,36	4485 ± 30	43,11 ± 0,12
HD 65345	GWOP	2,54 ± 0,11	8,66 ± 0,70	2,34 ± 0,55	5070 ± 17	43,45 ± 0,11
HD 65695	GWOP	1,28 ± 0,20	13,41 ± 1,11	1,76 ± 0,56	4568 ± 12	43,22 ± 0,17
HD 68375	GWOP	2,54 ± 0,07	8,25 ± 0,46	2,08 ± 0,45	5155 ± 20	43,38 ± 0,10
HD 72650	GWOP	1,35 ± 0,21	15,55 ± 1,21	2,24 ± 0,45	4409 ± 38	43,42 ± 0,12
HD 73017	GWOP	1,10 ± 0,11	7,94 ± 0,50	1,68 ± 0,45	4826 ± 19	42,91 ± 0,13
HD 76813	GWOP	2,81 ± 0,11	10,32 ± 0,78	2,30 ± 0,47	5170 ± 21	43,57 ± 0,10
HD 78235	GWOP	2,42 ± 0,09	7,76 ± 0,51	1,95 ± 0,45	5153 ± 22	43,31 ± 0,11
HD 81797	GWOP	3,35 ± 0,22	42,4 ± 2,26	3,97 ± 0,63	4395 ± 37	44,49 ± 0,08
HD 83441	GWOP	1,62 ± 0,28	10,24 ± 0,51	1,35 ± 0,44	4771 ± 34	43,09 ± 0,17
HD 85444	GWOP	3,33 ± 0,10	14,69 ± 1,07	2,11 ± 0,43	5185 ± 13	43,76 ± 0,10
HD 95808	GWOP	2,43 ± 0,15	10,1 ± 0,76	2,27 ± 0,45	5029 ± 34	43,49 ± 0,10
HD 101484	GWOP	2,20 ± 0,12	8,96 ± 0,46	0,47 ± 0,45	4935 ± 28	42,71 ± 0,85
HD 104979	GWOP	2,17 ± 0,15	9,62 ± 0,41	2,23 ± 0,45	5107 ± 10	43,41 ± 0,10
HD 106714	GWOP	2,37 ± 0,16	10,07 ± 0,66	2,26 ± 0,45	5023 ± 25	43,48 ± 0,10
HD 107446	GWOP	1,52 ± 0,19	28,41 ± 1,41	3,14 ± 0,45	4294 ± 33	43,88 ± 0,09
HD 109379	GWOP	3,32 ± 0,06	14,48 ± 0,65	2,58 ± 0,55	5236 ± 28	43,84 ± 0,10
HD 113226	GWOP	2,80 ± 0,04	9,93 ± 0,29	1,40 ± 0,45	5193 ± 15	43,33 ± 0,15
HD 115202	GWOP	1,41 ± 0,08	5,01 ± 0,21	2,17 ± 0,23	4889 ± 30	42,93 ± 0,06

Continua na próxima página

Nome Estrela	Classe	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{*})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 115659	GWOP	3,09 ± 0,05	12,32 ± 0,44	2,76 ± 0,45	5136 ± 23	43,76 ± 0,07
HD 116292	GWOP	2,40 ± 0,21	10,84 ± 0,82	1,13 ± 0,45	4955 ± 21	43,21 ± 0,19
HD 119126	GWOP	1,93 ± 0,18	10,04 ± 0,68	2,21 ± 0,45	4867 ± 31	43,37 ± 0,10
HD 120420	GWOP	1,16 ± 0,19	10,51 ± 0,42	2,14 ± 0,45	4759 ± 26	43,16 ± 0,12
HD 124882	GWOP	1,06 ± 0,11	24,61 ± 1,11	2,50 ± 0,47	4311 ± 37	43,56 ± 0,10
HD 125560	GWOP	1,08 ± 0,18	10,78 ± 0,43	2,02 ± 0,45	4546 ± 44	43,11 ± 0,13
HD 130952	GWOP	1,10 ± 0,22	10,32 ± 0,60	3,74 ± 0,48	4749 ± 54	43,37 ± 0,11
HD 131109	GWOP	1,10 ± 0,18	22,94 ± 1,65	2,64 ± 0,45	4318 ± 38	43,57 ± 0,11
HD 133208	GWOP	3,23 ± 0,07	17,09 ± 0,69	1,30 ± 0,45	5086 ± 30	43,60 ± 0,16
HD 136014	GWOP	1,02 ± 0,19	9,93 ± 0,66	3,26 ± 0,45	4876 ± 22	43,26 ± 0,11
HD 138716	GWOP	1,38 ± 0,10	5,09 ± 0,19	2,02 ± 0,33	4836 ± 22	42,90 ± 0,08
HD 138852	GWOP	2,02 ± 0,16	9,22 ± 0,48	0,44 ± 0,45	4962 ± 36	42,66 ± 0,15
HD 138905	GWOP	1,15 ± 0,21	11,14 ± 0,58	1,60 ± 0,45	4786 ± 13	43,06 ± 0,15
HD 148760	GWOP	1,41 ± 0,11	6,31 ± 0,39	2,17 ± 0,34	4768 ± 35	43,03 ± 0,08
HD 150997	GWOP	2,25 ± 0,10	8,92 ± 0,22	1,70 ± 0,45	5078 ± 27	43,28 ± 0,12
HD 151249	GWOP	1,12 ± 0,16	40,44 ± 2,62	1,55 ± 0,55	4147 ± 29	43,59 ± 0,18
HD 152334	GWOP	1,18 ± 0,15	18,68 ± 1,09	2,30 ± 0,45	4286 ± 49	43,45 ± 0,11
HD 152980	GWOP	1,63 ± 0,21	29,52 ± 2,45	4,20 ± 0,45	4302 ± 45	44,05 ± 0,08
HD 159353	GWOP	1,26 ± 0,24	10,44 ± 0,40	2,37 ± 0,64	4809 ± 17	43,24 ± 0,15
HD 161178	GWOP	1,77 ± 0,10	9,81 ± 0,42	2,33 ± 0,70	4840 ± 21	43,35 ± 0,14
HD 162076	GWOP	2,26 ± 0,07	6,82 ± 0,37	1,39 ± 0,36	5106 ± 13	43,07 ± 0,12
HD 165760	GWOP	2,87 ± 0,09	10,58 ± 0,64	0,32 ± 0,45	5080 ± 14	42,73 ± 0,15
HD 168723	GWOP	1,51 ± 0,11	5,82 ± 0,19	1,79 ± 0,53	4966 ± 47	42,94 ± 0,14
HD 171391	GWOP	2,81 ± 0,10	10,29 ± 0,74	2,45 ± 0,45	5085 ± 13	43,59 ± 0,09
HD 174295	GWOP	1,92 ± 0,18	10,51 ± 0,67	2,63 ± 0,46	4968 ± 15	43,47 ± 0,09
HD 180711	GWOP	1,70 ± 0,18	10,52 ± 0,24	0,53 ± 0,45	4873 ± 25	42,72 ± 0,56
HD 185351	GWOP	1,82 ± 0,05	4,72 ± 0,14	2,14 ± 0,23	5079 ± 13	43,01 ± 0,05
HD 192787	GWOP	2,30 ± 0,13	8,67 ± 0,56	0,44 ± 0,49	5110 ± 33	42,69 ± 0,15
HD 192879	GWOP	2,10 ± 0,19	9,53 ± 0,74	0,65 ± 0,45	4885 ± 31	42,86 ± 0,38
HD 198232	GWOP	3,11 ± 0,14	15,45 ± 1,49	1,84 ± 0,47	5022 ± 27	43,69 ± 0,12
HD 203387	GWOP	2,89 ± 0,08	10,67 ± 0,62	4,37 ± 0,45	5200 ± 28	43,87 ± 0,05
HD 204771	GWOP	2,05 ± 0,09	8,31 ± 0,32	2,03 ± 0,85	4983 ± 18	43,28 ± 0,20
HD 205435	GWOP	2,36 ± 0,04	7,27 ± 0,19	0,71 ± 0,38	5179 ± 21	42,83 ± 0,26
HD 212271	GWOP	2,18 ± 0,14	9,10 ± 0,51	1,42 ± 0,45	4954 ± 24	43,19 ± 0,15
HD 212496	GWOP	1,05 ± 0,19	10,18 ± 0,29	1,85 ± 0,49	4771 ± 21	43,04 ± 0,15

Continua na próxima página

Nome Estrela	Classe	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 213986	GWOP	$2,2 \pm 0,16$	$9,39 \pm 0,66$	$1,03 \pm 0,53$	4907 ± 20	$43,07 \pm 0,25$
HD 215030	GWOP	$1,10 \pm 0,08$	$9,30 \pm 0,59$	$2,01 \pm 0,45$	4767 ± 20	$43,06 \pm 0,11$
HD 216131	GWOP	$2,59 \pm 0,05$	$8,91 \pm 0,29$	$0,95 \pm 0,45$	5072 ± 21	$43,08 \pm 0,22$
HD 224533	GWOP	$2,39 \pm 0,12$	$9,73 \pm 0,51$	$1,29 \pm 0,56$	5014 ± 23	$43,22 \pm 0,21$
HD 10697	SGWP	$1,11 \pm 0,02$	$1,75 \pm 0,05$	$0,76 \pm 0,43$	5614 ± 48	$41,91 \pm 0,28$
HD 11964	SGWP	$1,10 \pm 0,03$	$1,95 \pm 0,07$	$1,52 \pm 0,23$	5321 ± 16	$42,26 \pm 0,07$
HD 16141	SGWP	$1,05 \pm 0,02$	$1,39 \pm 0,08$	$2,01 \pm 0,40$	5747 ± 25	$42,21 \pm 0,09$
HD 16175	SGWP	$1,28 \pm 0,05$	$1,69 \pm 0,10$	$1,94 \pm 0,40$	6029 ± 58	$42,37 \pm 0,10$
HD 27442	SGWP	$1,46 \pm 0,01$	$3,18 \pm 0,08$	$2,07 \pm 0,42$	4961 ± 28	$42,73 \pm 0,09$
HD 33283	SGWP	$1,29 \pm 0,05$	$1,7 \pm 0,13$	$1,09 \pm 0,26$	6022 ± 39	$42,12 \pm 0,11$
HD 33473	SGWP	$1,27 \pm 0,04$	$2,29 \pm 0,13$	$2,13 \pm 0,28$	5764 ± 22	$42,54 \pm 0,06$
HD 38529	SGWP	$1,41 \pm 0,03$	$2,66 \pm 0,12$	$1,63 \pm 0,29$	5573 ± 31	$42,53 \pm 0,08$
HD 38801	SGWP	$1,19 \pm 0,12$	$2,14 \pm 0,30$	$1,87 \pm 0,30$	5277 ± 27	$42,42 \pm 0,10$
HD 48265	SGWP	$1,22 \pm 0,05$	$1,82 \pm 0,09$	$1,83 \pm 0,24$	5789 ± 16	$42,35 \pm 0,06$
HD 60532	SGWP	$1,50 \pm 0,04$	$2,50 \pm 0,06$	$2,65 \pm 0,24$	6245 ± 14	$42,74 \pm 0,04$
HD 73526	SGWP	$1,01 \pm 0,04$	$1,41 \pm 0,14$	$1,69 \pm 0,26$	5564 ± 16	$42,12 \pm 0,08$
HD 73534	SGWP	$1,31 \pm 0,08$	$2,79 \pm 0,31$	$1,72 \pm 0,29$	4959 ± 25	$42,54 \pm 0,09$
HD 88133	SGWP	$1,12 \pm 0,06$	$1,85 \pm 0,16$	$1,84 \pm 0,36$	5452 ± 24	$42,32 \pm 0,10$
HD 96167	SGWP	$1,16 \pm 0,05$	$1,73 \pm 0,18$	$1,03 \pm 0,36$	5749 ± 25	$42,06 \pm 0,17$
HD 117176	SGWP	$1,07 \pm 0,01$	$1,82 \pm 0,03$	$1,36 \pm 0,45$	5559 ± 19	$42,17 \pm 0,15$
HD 156411	SGWP	$1,24 \pm 0,03$	$2,15 \pm 0,11$	$1,84 \pm 0,23$	5908 ± 16	$42,43 \pm 0,06$
HD 156846	SGWP	$1,38 \pm 0,05$	$1,95 \pm 0,10$	$3,21 \pm 0,36$	6080 ± 43	$42,68 \pm 0,06$
HD 158038	SGWP	$1,65 \pm 0,16$	$5,00 \pm 0,53$	$0,72 \pm 0,38$	4899 ± 41	$42,52 \pm 0,27$
HD 159868	SGWP	$1,08 \pm 0,04$	$1,78 \pm 0,10$	$0,96 \pm 0,23$	5630 ± 31	$42,01 \pm 0,11$
HD 167042	SGWP	$1,58 \pm 0,07$	$4,16 \pm 0,14$	$0,68 \pm 0,23$	5021 ± 32	$42,39 \pm 0,16$
HD 171028	SGWP	$1,00 \pm 0,07$	$1,88 \pm 0,20$	$2,14 \pm 0,40$	5721 ± 37	$42,35 \pm 0,10$
HD 175541	SGWP	$1,45 \pm 0,12$	$3,55 \pm 0,51$	$0,47 \pm 0,23$	5080 ± 28	$42,13 \pm 0,25$
HD 177830	SGWP	$1,37 \pm 0,04$	$2,81 \pm 0,14$	$0,68 \pm 0,46$	5058 ± 35	$42,16 \pm 0,36$
HD 179079	SGWP	$1,05 \pm 0,02$	$1,45 \pm 0,09$	$1,00 \pm 0,52$	5672 ± 14	$41,93 \pm 0,25$
HD 185269	SGWP	$1,29 \pm 0,05$	$1,76 \pm 0,07$	$3,05 \pm 0,50$	6059 ± 18	$42,58 \pm 0,08$
HD 190228	SGWP	$1,18 \pm 0,05$	$2,38 \pm 0,13$	$1,43 \pm 0,51$	5311 ± 13	$42,35 \pm 0,17$
HD 190647	SGWP	$1,02 \pm 0,02$	$1,43 \pm 0,09$	$1,83 \pm 0,36$	5608 ± 31	$42,17 \pm 0,09$
HD 219077	SGWP	$1,05 \pm 0,02$	$1,93 \pm 0,06$	$1,38 \pm 0,29$	5325 ± 19	$42,19 \pm 0,09$
HD 219828	SGWP	$1,19 \pm 0,06$	$1,68 \pm 0,14$	$0,97 \pm 0,30$	5842 ± 33	$42,03 \pm 0,15$
HD 2151	SGWOP	$1,12 \pm 0,01$	$1,76 \pm 0,03$	$1,72 \pm 0,39$	5880 ± 24	$42,27 \pm 0,10$

Continua na próxima página

Nome Estrela	Classe	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 3795	SGWOP	0,91 ± 0,01	1,94 ± 0,04	1,88 ± 0,33	5383 ± 33	42,26 ± 0,08
HD 9562	SGWOP	1,22 ± 0,05	1,83 ± 0,05	1,96 ± 0,23	5843 ± 35	42,38 ± 0,06
HD 16548	SGWOP	1,21 ± 0,04	1,95 ± 0,10	1,16 ± 0,40	5686 ± 31	42,18 ± 0,16
HD 18907	SGWOP	0,91 ± 0,02	2,53 ± 0,07	1,12 ± 0,23	5068 ± 39	42,15 ± 0,09
HD 21019	SGWOP	1,07 ± 0,03	2,21 ± 0,09	1,41 ± 0,23	5465 ± 20	42,27 ± 0,07
HD 22918	SGWOP	1,08 ± 0,04	2,47 ± 0,12	1,86 ± 0,28	4955 ± 33	42,44 ± 0,07
HD 23249	SGWOP	1,14 ± 0,02	2,18 ± 0,06	1,54 ± 0,23	5144 ± 33	42,33 ± 0,07
HD 24341	SGWOP	0,94 ± 0,03	1,90 ± 0,08	1,99 ± 0,24	5504 ± 26	42,29 ± 0,06
HD 24365	SGWOP	1,39 ± 0,10	3,12 ± 0,36	0,44 ± 0,28	5230 ± 15	42,02 ± 0,34
HD 24892	SGWOP	0,94 ± 0,02	1,85 ± 0,06	1,25 ± 0,29	5348 ± 26	42,08 ± 0,10
HD 30508	SGWOP	1,34 ± 0,04	2,76 ± 0,12	0,74 ± 0,23	5205 ± 30	42,18 ± 0,14
HD 39156	SGWOP	1,33 ± 0,05	2,65 ± 0,15	0,63 ± 0,23	5249 ± 20	42,09 ± 0,17
HD 57006	SGWOP	1,64 ± 0,05	2,88 ± 0,12	3,10 ± 0,45	6185 ± 28	42,91 ± 0,07
HD 67767	SGWOP	1,49 ± 0,04	3,20 ± 0,11	0,98 ± 0,42	5311 ± 23	42,41 ± 0,20
HD 75782	SGWOP	1,45 ± 0,06	2,14 ± 0,14	1,60 ± 0,25	6120 ± 48	42,44 ± 0,08
HD 92588	SGWOP	1,22 ± 0,04	2,35 ± 0,08	1,68 ± 0,23	5142 ± 26	42,43 ± 0,06
HD 114613	SGWOP	1,24 ± 0,02	2,06 ± 0,05	2,32 ± 0,29	5670 ± 26	42,52 ± 0,06
HD 121370	SGWOP	1,6 ± 0,02	2,65 ± 0,05	12,32 ± 0,36	6056 ± 32	43,46 ± 0,02
HD 140785	SGWOP	1,08 ± 0,03	1,71 ± 0,10	2,10 ± 0,23	5742 ± 23	42,33 ± 0,06
HD 150474	SGWOP	1,12 ± 0,05	2,01 ± 0,12	1,50 ± 0,23	5449 ± 20	42,27 ± 0,07
HD 156826	SGWOP	1,41 ± 0,06	3,55 ± 0,17	0,62 ± 0,32	5122 ± 10	42,24 ± 0,25
HD 164507	SGWOP	1,33 ± 0,03	2,43 ± 0,09	1,02 ± 0,23	5580 ± 23	42,26 ± 0,10
HD 170829	SGWOP	1,11 ± 0,02	1,9 ± 0,05	0,79 ± 0,48	5421 ± 34	41,97 ± 0,31
HD 182572	SGWOP	0,99 ± 0,01	1,40 ± 0,03	1,93 ± 0,42	5530 ± 21	42,17 ± 0,10
HD 188512	SGWOP	1,37 ± 0,02	2,91 ± 0,09	1,43 ± 0,23	5223 ± 26	42,5 ± 0,07
HD 191026	SGWOP	1,26 ± 0,03	2,51 ± 0,05	1,78 ± 0,23	5108 ± 26	42,49 ± 0,06
HD 196378	SGWOP	1,09 ± 0,02	1,86 ± 0,05	1,95 ± 0,43	6091 ± 27	42,34 ± 0,10
HD 198802	SGWOP	1,24 ± 0,03	2,10 ± 0,10	1,62 ± 0,24	5808 ± 53	42,37 ± 0,07
HD 205420	SGWOP	1,58 ± 0,05	2,53 ± 0,14	3,70 ± 0,50	6391 ± 61	42,91 ± 0,07
HD 208801	SGWOP	1,17 ± 0,07	2,73 ± 0,11	0,56 ± 0,26	4972 ± 29	42,00 ± 0,22
HD 211038	SGWOP	0,97 ± 0,02	2,51 ± 0,09	1,27 ± 0,27	4924 ± 31	42,23 ± 0,10
HD 218101	SGWOP	1,26 ± 0,04	2,33 ± 0,09	0,87 ± 0,28	5285 ± 15	42,15 ± 0,15
HD 221420	SGWOP	1,29 ± 0,05	1,87 ± 0,05	0,75 ± 0,30	5864 ± 35	42,00 ± 0,19
HD 221585	SGWOP	1,08 ± 0,02	1,72 ± 0,07	1,67 ± 0,31	5509 ± 18	42,23 ± 0,08
HD 161797A	SGWOP	1,09 ± 0,01	1,71 ± 0,04	1,73 ± 0,43	5562 ± 35	42,25 ± 0,11

A tabela 6 fornece as informações necessárias para calcular o momentum angular de spin para as amostras com planetas descobertos por trânsito e velocidade radial. Estes dados foram usados para gerar as figuras 22, 23 e 24 presentes no capítulo 4.

Tabela 6: Propriedades físicas para o cálculo do momentum angular de spin (trânsito e velocidade radial).

Nome Estrela	n	Método	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
14 Her	1	RV	$1,07 \pm 0,09$	$0,91 \pm 0,03$	$1,6 \pm 0,5$	5388 ± 44	$41,94 \pm 0,15$
47 UMa	2	RV	$1,06 \pm 0,03$	$1,12 \pm 0,04$	$2,8 \pm 0,5$	5882 ± 44	$42,26 \pm 0,08$
51 Peg	1	RV	$1,05 \pm 0,04$	$1,02 \pm 0,04$	$2,6 \pm 0,5$	5787 ± 44	$42,19 \pm 0,09$
61 Vir	3	RV	$0,94 \pm 0,03$	0,98	2,2	5571	$42,05 \pm 0,12$
BD +14 4559	1	RV	$0,86 \pm 0,15$	$0,73 \pm 0,03$	$2,5 \pm 1,0$	4814 ± 26	$41,94 \pm 0,20$
CoRoT-10	1	Transit	$0,89 \pm 0,05$	$0,79 \pm 0,05$	$2,0 \pm 0,5$	5075 ± 75	$41,89 \pm 0,12$
CoRoT-13	1	Transit	$1,09 \pm 0,02$	$1,01 \pm 0,03$	$4,0 \pm 1,0$	5945 ± 90	$42,39 \pm 0,11$
CoRoT-16	1	Transit	$1,10 \pm 0,08$	$1,19 \pm 0,14$	1,0	5650 ± 100	$41,86 \pm 0,49$
CoRoT-18	1	Transit	$0,95 \pm 0,15$	$1,00 \pm 0,13$	$8,0 \pm 1,0$	5440 ± 100	$42,62 \pm 0,11$
CoRoT-22	1	Transit	$1,10 \pm 0,05$	$1,14 \pm 0,07$	$4,0 \pm 1,5$	5939 ± 87	$42,44 \pm 0,18$
CoRoT-23	1	Transit	$1,14 \pm 0,08$	$1,61 \pm 0,18$	$9,0 \pm 1,0$	5900 ± 100	$42,96 \pm 0,08$
CoRoT-24	2	Transit	$0,91 \pm 0,09$	$0,86 \pm 0,09$	$2,0 \pm 1,3$	4950 ± 150	$41,94 \pm 0,35$
CoRoT-25	1	Transit	$1,09 \pm 0,08$	$1,19 \pm 0,09$	$4,3 \pm 0,5$	6040 ± 90	$42,49 \pm 0,07$
CoRoT-27	1	Transit	$1,05 \pm 0,11$	$1,08 \pm 0,12$	$4,0 \pm 1,0$	5900 ± 120	$42,40 \pm 0,13$
CoRoT-29	1	Transit	$0,97 \pm 0,14$	$0,90 \pm 0,12$	$3,5 \pm 0,5$	5260 ± 100	$42,23 \pm 0,11$
CoRoT-30	1	Transit	$0,98 \pm 0,04$	$0,91 \pm 0,06$	$4,3 \pm 0,4$	5650 ± 100	$42,33 \pm 0,05$
CoRoT-8	1	Transit	$0,88 \pm 0,04$	$0,77 \pm 0,02$	$2,0 \pm 1,0$	5080 ± 80	$41,88 \pm 0,24$
CoRoT-9	1	Transit	$0,96 \pm 0,04$	$0,96 \pm 0,06$	3,5	5625 ± 80	$42,25 \pm 0,11$
epsilon Eri	1	RV	$0,82 \pm 0,05$	$0,74 \pm 0,01$	$2,4 \pm 0,5$	5146 ± 44	$41,91 \pm 0,10$
HAT-P-16	1	Transit	$1,22 \pm 0,04$	$1,24 \pm 0,05$	$3,5 \pm 0,5$	6158 ± 80	$42,47 \pm 0,07$
HAT-P-20	1	Transit	$0,76 \pm 0,03$	$0,69 \pm 0,02$	$2,1 \pm 0,5$	4595 ± 80	$41,79 \pm 0,11$
HAT-P-43	1	Transit	$1,05 \pm 0,04$	$1,10 \pm 0,03$	$2,4 \pm 0,5$	5645 ± 74	$42,19 \pm 0,09$
HAT-P-50	1	Transit	$1,27 \pm 0,09$	$1,70 \pm 0,07$	$8,9 \pm 0,5$	6280 ± 49	$43,03 \pm 0,04$
HAT-P-51	1	Transit	$0,98 \pm 0,03$	$1,04 \pm 0,04$	$1,7 \pm 0,5$	5449 ± 50	$41,98 \pm 0,13$
HATS-15	1	Transit	$0,87 \pm 0,02$	$0,92 \pm 0,03$	$4,2 \pm 0,5$	5311 ± 77	$42,27 \pm 0,05$
HATS-16	1	Transit	$0,97 \pm 0,04$	$1,24 \pm 0,12$	$6,2 \pm 0,2$	5738 ± 79	$42,62 \pm 0,05$
HATS-17	1	Transit	$1,13 \pm 0,03$	$1,09 \pm 0,06$	$3,7 \pm 0,4$	5846 ± 78	$42,40 \pm 0,05$
HATS-2	1	Transit	$0,88 \pm 0,04$	$0,90 \pm 0,02$	$1,5 \pm 0,5$	5227 ± 95	$41,82 \pm 0,15$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HATS-23	1	Transit	$1,12 \pm 0,05$	$1,20 \pm 0,07$	$4,6 \pm 0,5$	5780 ± 120	$42,53 \pm 0,06$
HATS-24	1	Transit	$1,07 \pm 0,04$	$1,12 \pm 0,05$	$9,4 \pm 0,2$	6125 ± 94	$42,80 \pm 0,03$
HATS-25	1	Transit	$0,99 \pm 0,04$	$1,11 \pm 0,07$	$3,9 \pm 0,5$	5715 ± 73	$42,38 \pm 0,06$
HATS-27	1	Transit	$1,42 \pm 0,05$	$1,74 \pm 0,14$	$9,3 \pm 0,5$	6438 ± 64	$43,10 \pm 0,04$
HATS-28	1	Transit	$0,93 \pm 0,04$	$0,92 \pm 0,04$	$2,6 \pm 1,0$	5498 ± 84	$42,09 \pm 0,18$
HATS-29	1	Transit	$1,03 \pm 0,05$	$1,07 \pm 0,04$	$2,4 \pm 0,8$	5670 ± 110	$42,17 \pm 0,15$
HATS-3	1	Transit	$1,21 \pm 0,04$	$1,40 \pm 0,03$	$9,1 \pm 1,3$	6351 ± 76	$42,93 \pm 0,06$
HATS-30	1	Transit	$1,09 \pm 0,03$	$1,06 \pm 0,04$	$4,1 \pm 0,5$	5943 ± 70	$42,42 \pm 0,06$
HD 100777	1	RV	$1,00 \pm 0,10$	$1,08 \pm 0,04$	$1,8 \pm 1,0$	5582 ± 24	$42,03 \pm 0,28$
HD 10180	6	RV	$1,06 \pm 0,05$	$1,11 \pm 0,04$	$1,5 \pm 1,5$	5911 ± 19	$41,99 \pm 0,11$
HD 102195	1	RV	0,87	$0,94 \pm 0,03$	$2,6 \pm 1,0$	5291 ± 34	$42,07 \pm 0,18$
HD 103197	1	RV	0,90	$1,02 \pm 0,04$	2,0	5303 ± 58	$42,01 \pm 0,14$
HD 103774	1	RV	$1,34 \pm 0,03$	$1,43 \pm 0,05$	8,1	6489 ± 77	$42,93 \pm 0,04$
HD 106252	1	RV	$1,01 \pm 0,02$	$1,12 \pm 0,04$	$1,9 \pm 0,5$	5870 ± 44	$42,08 \pm 0,12$
HD 10647	1	RV	$1,10 \pm 0,03$	$1,19 \pm 0,04$	$5,6 \pm 0,5$	6105 ± 44	$42,61 \pm 0,04$
HD 108147	1	RV	$1,17 \pm 0,02$	$1,30 \pm 0,04$	$6,1 \pm 0,5$	6156 ± 44	$42,71 \pm 0,04$
HD 108874	2	RV	$0,95 \pm 0,03$	$1,12 \pm 0,04$	$2,2 \pm 0,5$	5551 ± 44	$42,11 \pm 0,10$
HD 109246	1	RV	$1,01 \pm 0,11$	$1,01 \pm 0,05$	$3,0 \pm 1,0$	5844 ± 21	$42,23 \pm 0,16$
HD 113337	1	RV	$1,40 \pm 0,14$	$1,50 \pm 0,15$	$6,3 \pm 1,0$	6577 ± 153	$42,86 \pm 0,09$
HD 11506	2	RV	$1,19 \pm 0,09$	$1,26 \pm 0,04$	$5,0 \pm 0,5$	6058 ± 51	$42,62 \pm 0,06$
HD 117207	1	RV	$1,03 \pm 0,04$	$0,95 \pm 0,03$	$1,0 \pm 0,5$	5724 ± 44	$41,73 \pm 0,24$
HD 117618	1	RV	$1,07 \pm 0,03$	$1,17 \pm 0,04$	$3,2 \pm 0,5$	5964 ± 44	$42,35 \pm 0,07$
HD 12661	2	RV	$1,14 \pm 0,07$	$1,07 \pm 0,04$	$1,3 \pm 0,5$	5743 ± 44	$41,94 \pm 0,18$
HD 128311	2	RV	$0,83 \pm 0,01$	$0,58 \pm 0,03$	$3,6 \pm 0,5$	4965 ± 44	$41,98 \pm 0,07$
HD 130322	1	RV	$0,84 \pm 0,02$	$0,99 \pm 0,03$	$1,6 \pm 0,5$	5308 ± 44	$41,87 \pm 0,14$
HD 134987	2	RV	$1,05 \pm 0,06$	$1,17 \pm 0,04$	$2,2 \pm 0,5$	5750 ± 44	$42,18 \pm 0,10$
HD 136118	1	RV	$1,19 \pm 0,03$	$1,75 \pm 0,06$	$7,3 \pm 0,5$	6097 ± 44	$42,93 \pm 0,04$
HD 13908	2	RV	$1,29 \pm 0,04$	$1,67 \pm 0,10$	$4,2 \pm 0,5$	6255 ± 66	$42,70 \pm 0,06$
HD 13931	1	RV	$1,02 \pm 0,02$	$1,22 \pm 0,04$	$2,0 \pm 0,5$	5829 ± 44	$42,14 \pm 0,11$
HD 141937	1	RV	$1,05 \pm 0,04$	$1,06 \pm 0,04$	$1,9 \pm 0,5$	5847 ± 44	$42,07 \pm 0,12$
HD 142415	1	RV	$1,07 \pm 0,05$	$1,12 \pm 0,04$	$3,4 \pm 0,5$	5902 ± 44	$42,35 \pm 0,07$
HD 143361	1	RV	$0,95 \pm 0,05$	$0,99 \pm 0,08$	$1,5 \pm 0,1$	5505 ± 100	$41,89 \pm 0,05$
HD 145377	1	RV	$1,12 \pm 0,00$	$1,00 \pm 0,04$	$3,9 \pm 0,0$	6046 ± 15	$42,38 \pm 0,02$
HD 1461	1	RV	$1,03 \pm 0,04$	1,13	1,6	5765 ± 18	$42,01 \pm 0,17$
HD 147018	2	RV	$0,93 \pm 0,03$	$1,05 \pm 0,05$	$1,6 \pm 0,0$	5441 ± 55	$41,94 \pm 0,03$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 147873	2	RV	$1,38 \pm 0,05$	$2,29 \pm 0,10$	$5,9 \pm 0,5$	5972 ± 100	$43,01 \pm 0,04$
HD 148156	1	RV	1,22	$0,97 \pm 0,03$	$5,7 \pm 1,0$	6308 ± 28	$42,57 \pm 0,08$
HD 149026	1	RV	$1,29 \pm 0,06$	$1,37 \pm 0,10$	$6,0 \pm 0,5$	6160 ± 50	$42,77 \pm 0,05$
HD 15337	2	Transit	$0,90 \pm 0,03$	$0,86 \pm 0,02$	$1,0 \pm 1,0$	5125 ± 50	$41,63 \pm 0,14$
HD 153950	1	RV	$1,12 \pm 0,03$	$1,15 \pm 0,04$	$3,0 \pm 0,0$	6076 ± 13	$42,33 \pm 0,02$
HD 154345	1	RV	$0,89 \pm 0,04$	$1,00 \pm 0,05$	$1,2 \pm 0,5$	5468 ± 44	$41,77 \pm 0,20$
HD 156279	1	RV	$0,93 \pm 0,04$	$0,96 \pm 0,03$	2,5	5453 ± 40	$42,09 \pm 0,11$
HD 159243	2	RV	$1,13 \pm 0,03$	$1,12 \pm 0,05$	$3,8 \pm 0,5$	6123 ± 65	$42,43 \pm 0,06$
HD 16175	1	RV	$1,29 \pm 0,11$	$1,20 \pm 0,14$	$4,8 \pm 0,5$	6080 ± 90	$42,61 \pm 0,08$
HD 16417	1	RV	$1,12 \pm 0,02$	$1,46 \pm 0,05$	$2,1 \pm 0,0$	5817 ± 0	$42,28 \pm 0,02$
HD 164509	1	RV	$1,13 \pm 0,02$	$1,06 \pm 0,04$	$2,4 \pm 0,1$	5922 ± 44	$42,20 \pm 0,03$
HD 164922	2	RV	$0,93 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,03$	$1,8 \pm 0,5$	5385 ± 44	$41,92 \pm 0,13$
HD 165155	1	RV	$1,02 \pm 0,05$	$0,95 \pm 0,11$	$1,5 \pm 0,1$	5426 ± 100	$41,91 \pm 0,06$
HD 1666	1	RV	$1,50 \pm 0,07$	$1,93 \pm 0,49$	$5,6 \pm 0,5$	6317 ± 44	$42,95 \pm 0,12$
HD 169830	2	RV	$1,41 \pm 0,07$	$1,80 \pm 0,06$	$3,8 \pm 0,5$	6221 ± 44	$42,73 \pm 0,06$
HD 170469	1	RV	$1,14 \pm 0,06$	$1,22 \pm 0,04$	$1,7 \pm 0,5$	5810 ± 44	$42,12 \pm 0,13$
HD 171238	1	RV	$0,94 \pm 0,03$	$1,05 \pm 0,05$	$1,5 \pm 0,0$	5467 ± 55	$41,91 \pm 0,02$
HD 17156	1	RV	$1,29 \pm 0,03$	$1,51 \pm 0,01$	$2,8 \pm 0,5$	6079 ± 56	$42,48 \pm 0,08$
HD 17674	1	RV	$0,98 \pm 0,10$	$1,18 \pm 0,10$	$2,3 \pm 1,0$	5904 ± 22	$42,17 \pm 0,21$
HD 179949	1	RV	$1,18 \pm 0,03$	$1,23 \pm 0,04$	$7,0 \pm 0,5$	6168 ± 44	$42,75 \pm 0,04$
HD 181720	1	RV	0,92	$1,25 \pm 0,05$	1,5	5781 ± 18	$41,98 \pm 0,19$
HD 183263	2	RV	$1,12 \pm 0,05$	$1,12 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,5$	5936 ± 44	$42,05 \pm 0,14$
HD 187085	1	RV	$1,14 \pm 0,03$	$1,31 \pm 0,04$	$5,1 \pm 0,5$	6075 ± 44	$42,63 \pm 0,05$
HD 187123	2	RV	$1,04 \pm 0,03$	$1,14 \pm 0,04$	$2,1 \pm 0,5$	5815 ± 44	$42,14 \pm 0,11$
HD 190647	1	RV	$1,10 \pm 0,10$	$1,42 \pm 0,05$	$2,4 \pm 1,0$	5628 ± 20	$42,32 \pm 0,20$
HD 192263	1	RV	$0,80 \pm 0,03$	$0,74 \pm 0,03$	$2,6 \pm 0,5$	4975 ± 44	$41,93 \pm 0,09$
HD 202206	2	RV	$1,07 \pm 0,07$	$0,99 \pm 0,03$	$2,3 \pm 0,5$	5788 ± 44	$42,13 \pm 0,10$
HD 2039	1	RV	$1,12 \pm 0,08$	$1,15 \pm 0,04$	$3,2 \pm 0,5$	5941 ± 44	$42,36 \pm 0,08$
HD 204313	2	RV	$1,05 \pm 0,03$	$1,13 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,0$	5767 ± 17	$42,02 \pm 0,02$
HD 205739	1	RV	$1,22 \pm 0,08$	$1,46 \pm 0,05$	$4,5 \pm 0,5$	6176 ± 30	$42,65 \pm 0,06$
HD 207832	2	RV	$0,94 \pm 0,10$	$0,90 \pm 0,06$	3,0	5710 ± 81	$42,15 \pm 0,10$
HD 208487	1	RV	$1,11 \pm 0,03$	$1,21 \pm 0,04$	$4,6 \pm 0,5$	6067 ± 44	$42,53 \pm 0,05$
HD 209458	1	RV	$1,13 \pm 0,03$	$1,16 \pm 0,02$	$4,5 \pm 0,5$	6065 ± 50	$42,51 \pm 0,05$
HD 210277	1	RV	$0,99 \pm 0,05$	$0,94 \pm 0,03$	$1,8 \pm 0,5$	5555 ± 44	$41,97 \pm 0,13$
HD 213885	2	Transit	$1,07 \pm 0,02$	$1,10 \pm 0,01$	$3,0 \pm 0,2$	5978 ± 50	$42,29 \pm 0,03$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 215497	2	RV	$0,87 \pm 0,02$	$1,11 \pm 0,05$	1,7	5113 ± 93	$41,96 \pm 0,16$
HD 216437	1	RV	$1,12 \pm 0,04$	$1,37 \pm 0,05$	$3,1 \pm 0,5$	5849 ± 44	$42,42 \pm 0,07$
HD 219828	1	RV	1,24	$1,47 \pm 0,05$	2,9	5891 ± 18	$42,47 \pm 0,09$
HD 221287	1	RV	$1,25 \pm 0,10$	$1,10 \pm 0,05$	$4,1 \pm 1,0$	6304 ± 45	$42,49 \pm 0,12$
HD 222155	1	RV	$1,13 \pm 0,11$	$1,67 \pm 0,07$	$3,2 \pm 1,0$	5765 ± 22	$42,52 \pm 0,15$
HD 224538	1	RV	$1,34 \pm 0,05$	$1,54 \pm 0,06$	$3,9 \pm 0,3$	6097 ± 100	$42,65 \pm 0,04$
HD 224693	1	RV	$1,33 \pm 0,10$	$1,17 \pm 0,04$	$3,5 \pm 0,5$	6037 ± 44	$42,48 \pm 0,07$
HD 23079	1	RV	$1,01 \pm 0,04$	$1,16 \pm 0,04$	$3,0 \pm 0,5$	5927 ± 44	$42,29 \pm 0,08$
HD 23127	1	RV	$1,13 \pm 0,08$	$1,51 \pm 0,05$	$3,3 \pm 0,5$	5752 ± 44	$42,49 \pm 0,07$
HD 231701	1	RV	$1,14 \pm 0,06$	$1,24 \pm 0,04$	$4,0 \pm 0,5$	6208 ± 44	$42,50 \pm 0,06$
HD 24040	1	RV	$1,18 \pm 0,10$	$1,15 \pm 0,04$	$2,4 \pm 0,5$	5853 ± 44	$42,26 \pm 0,10$
HD 25171	1	RV	$1,09 \pm 0,03$	$1,07 \pm 0,04$	1,0	6160 ± 65	$41,81 \pm 0,30$
HD 29021	1	RV	$0,85 \pm 0,08$	$0,85 \pm 0,09$	$2,7 \pm 1,0$	5560 ± 45	$42,03 \pm 0,18$
HD 290327	1	RV	0,90	$1,00 \pm 0,03$	$1,4 \pm 1,0$	5552 ± 21	$41,84 \pm 0,39$
HD 30177	1	RV	$0,95 \pm 0,07$	$1,21 \pm 0,04$	$3,0 \pm 0,5$	5607 ± 44	$42,28 \pm 0,08$
HD 30562	1	RV	$1,28 \pm 0,09$	$1,39 \pm 0,05$	$4,3 \pm 0,5$	5936 ± 50	$42,63 \pm 0,06$
HD 30669	1	RV	$0,92 \pm 0,03$	$0,91 \pm 0,04$	1,7	5400 ± 74	$41,90 \pm 0,16$
HD 31253	1	RV	$1,23 \pm 0,05$	1,65	3,8	5960	$42,63 \pm 0,07$
HD 33283	1	RV	$1,24 \pm 0,10$	$1,45 \pm 0,05$	$3,2 \pm 0,5$	5995 ± 44	$42,50 \pm 0,08$
HD 33636	1	RV	$1,02 \pm 0,03$	$1,03 \pm 0,04$	$3,1 \pm 0,5$	5904 ± 44	$42,26 \pm 0,07$
HD 37124	3	RV	$0,85 \pm 0,02$	$0,77 \pm 0,03$	$1,2 \pm 0,5$	5500 ± 44	$41,64 \pm 0,19$
HD 38283	1	RV	$1,09 \pm 0,02$	1,50	3,0	5998	$42,43 \pm 0,09$
HD 39091	1	RV	$1,07 \pm 0,02$	$1,15 \pm 0,04$	$3,1 \pm 0,5$	5950 ± 44	$42,32 \pm 0,07$
HD 39091	2	Transit	$1,09 \pm 0,04$	$1,10 \pm 0,02$	$3,1 \pm 0,5$	6037 ± 45	$42,31 \pm 0,07$
HD 42012	1	RV	$0,83 \pm 0,08$	$0,82 \pm 0,08$	$2,2 \pm 1,0$	5405 ± 45	$41,92 \pm 0,22$
HD 4203	1	RV	$1,13 \pm 0,06$	$1,16 \pm 0,04$	$1,2 \pm 0,5$	5702 ± 44	$41,94 \pm 0,20$
HD 43197	1	RV	0,96	$1,20 \pm 0,04$	$2,2 \pm 1,0$	5508 ± 46	$42,15 \pm 0,22$
HD 44219	1	RV	1,00	$1,36 \pm 0,04$	$2,2 \pm 1,0$	5752 ± 16	$42,22 \pm 0,22$
HD 45350	1	RV	$1,05 \pm 0,06$	$1,18 \pm 0,04$	$1,4 \pm 0,5$	5616 ± 44	$41,98 \pm 0,17$
HD 45364	2	RV	$0,82 \pm 0,05$	$1,02 \pm 0,03$	$1,0 \pm 0,0$	5434 ± 20	$41,67 \pm 0,03$
HD 45652	1	RV	$0,83 \pm 0,05$	$1,13 \pm 0,06$	$2,0 \pm 2,0$	5312 ± 68	$42,02 \pm 0,11$
HD 47186	2	RV	$0,99 \pm 0,00$	$1,13 \pm 0,04$	$2,2 \pm 0,0$	5675 ± 21	$42,13 \pm 0,02$
HD 50499	1	RV	$1,28 \pm 0,06$	$1,18 \pm 0,04$	$4,2 \pm 0,5$	6070 ± 44	$42,55 \pm 0,06$
HD 50554	1	RV	$1,03 \pm 0,02$	$1,25 \pm 0,04$	$3,9 \pm 0,5$	5929 ± 44	$42,44 \pm 0,06$
HD 52265	1	RV	$1,17 \pm 0,03$	$1,35 \pm 0,04$	$4,7 \pm 0,5$	6076 ± 44	$42,61 \pm 0,05$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 5388	1	RV	1,21	$1,30 \pm 0,04$	4,2	6297 ± 32	$42,56 \pm 0,07$
HD 63765	1	RV	$0,87 \pm 0,03$	$0,98 \pm 0,03$	1,6	5432 ± 19	$41,88 \pm 0,17$
HD 67087	1	RV	$1,36 \pm 0,04$	$1,55 \pm 0,32$	$9,7 \pm 0,5$	6330 ± 47	$43,05 \pm 0,09$
HD 6718	1	RV	0,96	$0,96 \pm 0,03$	$1,8 \pm 1,0$	5746 ± 19	$41,96 \pm 0,27$
HD 68988	1	RV	$1,12 \pm 0,09$	$1,11 \pm 0,04$	$2,8 \pm 0,5$	5960 ± 44	$42,29 \pm 0,09$
HD 72659	1	RV	$1,07 \pm 0,02$	$1,34 \pm 0,04$	$2,2 \pm 0,5$	5920 ± 44	$42,24 \pm 0,10$
HD 72892	1	RV	$1,02 \pm 0,05$	$1,22 \pm 0,06$	$2,7 \pm 0,2$	5688 ± 100	$42,27 \pm 0,04$
HD 73267	1	RV	$0,89 \pm 0,03$	$1,17 \pm 0,04$	$1,7 \pm 0,0$	5317 ± 34	$41,99 \pm 0,02$
HD 73526	2	RV	$1,01 \pm 0,04$	$1,46 \pm 0,05$	$2,6 \pm 0,5$	5584 ± 44	$42,33 \pm 0,09$
HD 74156	2	RV	$1,24 \pm 0,04$	$1,35 \pm 0,04$	$4,3 \pm 0,5$	6068 ± 44	$42,60 \pm 0,05$
HD 75898	1	RV	$1,28 \pm 0,13$	$1,55 \pm 0,06$	$4,5 \pm 0,5$	6021 ± 50	$42,69 \pm 0,07$
HD 76700	1	RV	$1,13 \pm 0,10$	$1,24 \pm 0,04$	$1,3 \pm 0,5$	5668 ± 44	$42,00 \pm 0,18$
HD 77338	1	RV	$0,93 \pm 0,05$	$0,88 \pm 0,04$	$2,3 \pm 0,1$	5370 ± 82	$42,02 \pm 0,04$
HD 7924	3	RV	$0,83 \pm 0,03$	$0,78 \pm 0,03$	$1,4 \pm 0,5$	5177 ± 44	$41,70 \pm 0,16$
HD 81040	1	RV	$0,96 \pm 0,04$	$0,92 \pm 0,04$	$2,0 \pm 1,0$	5700 ± 50	$41,99 \pm 0,24$
HD 82943	2	RV	$1,13 \pm 0,05$	$1,10 \pm 0,04$	$1,3 \pm 0,5$	5997 ± 44	$41,95 \pm 0,18$
HD 83443	1	RV	$0,99 \pm 0,04$	$0,94 \pm 0,03$	$1,3 \pm 0,5$	5453 ± 44	$41,83 \pm 0,18$
HD 8535	1	RV	1,13	$1,04 \pm 0,04$	$1,4 \pm 1,0$	6136 ± 18	$41,96 \pm 0,39$
HD 8574	1	RV	$1,12 \pm 0,02$	$1,42 \pm 0,05$	$4,5 \pm 0,5$	6050 ± 44	$42,60 \pm 0,05$
HD 86081	1	RV	$1,21 \pm 0,05$	$1,19 \pm 0,04$	$4,2 \pm 0,5$	6028 ± 44	$42,52 \pm 0,06$
HD 86226	2	Transit	$1,02 \pm 0,07$	$1,05 \pm 0,03$	2,4	5863 ± 88	$42,15 \pm 0,15$
HD 87883	1	RV	$0,80 \pm 0,03$	$0,78 \pm 0,04$	$2,2 \pm 0,5$	4958 ± 50	$41,88 \pm 0,10$
HD 89307	1	RV	$0,99 \pm 0,03$	$1,15 \pm 0,04$	$3,2 \pm 0,5$	5898 ± 44	$42,30 \pm 0,07$
HD 9446	2	RV	$1,00 \pm 0,10$	$0,92 \pm 0,05$	$4,0 \pm 1,0$	5793 ± 22	$42,31 \pm 0,12$
HD 99109	1	RV	$0,94 \pm 0,02$	$0,97 \pm 0,03$	$1,9 \pm 0,5$	5272 ± 44	$41,98 \pm 0,12$
HIP 65 A	1	Transit	$0,78 \pm 0,03$	$0,72 \pm 0,01$	2,5	4590 ± 49	$41,89 \pm 0,15$
HIP 91258	1	RV	$0,95 \pm 0,03$	$1,00 \pm 0,04$	$3,5 \pm 0,5$	5519 ± 70	$42,27 \pm 0,07$
iota Hor	1	RV	$1,15 \pm 0,03$	$1,21 \pm 0,04$	$6,5 \pm 0,5$	6097 ± 44	$42,70 \pm 0,04$
K2-111	2	Transit	$0,84 \pm 0,02$	$1,25 \pm 0,02$	$1,1 \pm 0,5$	5775 ± 60	$41,81 \pm 0,21$
K2-263	1	Transit	$0,88 \pm 0,03$	$0,85 \pm 0,02$	2,0	5368 ± 44	$41,92 \pm 0,19$
K2-285	4	Transit	$0,83 \pm 0,02$	$0,79 \pm 0,02$	$3,9 \pm 0,8$	4975 ± 95	$42,15 \pm 0,09$
K2-29	1	Transit	$0,94 \pm 0,02$	$0,86 \pm 0,01$	$3,7 \pm 0,5$	5358 ± 38	$42,22 \pm 0,06$
K2-292	1	Transit	$1,00 \pm 0,03$	$1,09 \pm 0,03$	$4,6 \pm 1,0$	5725 ± 65	$42,44 \pm 0,10$
K2-30	1	Transit	$0,90 \pm 0,04$	$0,84 \pm 0,03$	$1,4 \pm 0,3$	5425 ± 40	$41,77 \pm 0,10$
K2-31	1	Transit	$0,91 \pm 0,06$	$0,78 \pm 0,07$	$2,6 \pm 0,5$	5280 ± 70	$42,01 \pm 0,10$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
K2-36	2	Transit	$0,79 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,01$	2,0	4916 ± 36	$41,80 \pm 0,18$
K2-60	1	Transit	$0,97 \pm 0,07$	$1,12 \pm 0,05$	$2,2 \pm 0,5$	5500 ± 100	$42,12 \pm 0,11$
KELT-16	1	Transit	$1,21 \pm 0,05$	$1,36 \pm 0,06$	$7,6 \pm 0,5$	6236 ± 54	$42,84 \pm 0,04$
KELT-4 A	1	Transit	$1,20 \pm 0,07$	$1,60 \pm 0,04$	$6,0 \pm 1,2$	6206 ± 75	$42,80 \pm 0,09$
Kepler-117	2	Transit	$1,13 \pm 0,08$	$1,61 \pm 0,05$	$6,0 \pm 2,0$	6150 ± 110	$42,78 \pm 0,15$
Kepler-1654	1	Transit	$1,01 \pm 0,06$	$1,18 \pm 0,03$	2,0	5597 ± 94	$42,12 \pm 0,19$
Kepler-1661	1	Transit	$0,84 \pm 0,02$	$0,76 \pm 0,01$	$2,5 \pm 0,5$	5100 ± 100	$41,95 \pm 0,09$
Kepler-423	1	Transit	$0,85 \pm 0,04$	$0,95 \pm 0,04$	$2,5 \pm 0,5$	5560 ± 80	$42,05 \pm 0,09$
Kepler-425	1	Transit	$0,93 \pm 0,05$	$0,86 \pm 0,02$	$3,0 \pm 1,0$	5170 ± 70	$42,12 \pm 0,15$
Kepler-426	1	Transit	$0,91 \pm 0,06$	$0,92 \pm 0,02$	$3,0 \pm 1,0$	5725 ± 90	$42,14 \pm 0,15$
Kepler-428	1	Transit	$0,87 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,02$	$2,0 \pm 2,0$	5150 ± 100	$41,89 \pm 0,14$
Kepler-74	1	Transit	$1,18 \pm 0,04$	$1,12 \pm 0,04$	$5,0 \pm 1,0$	6000 ± 100	$42,56 \pm 0,09$
Kepler-75	1	Transit	$0,91 \pm 0,04$	$0,89 \pm 0,02$	$3,5 \pm 1,5$	5200 ± 100	$42,20 \pm 0,20$
Kepler-77	1	Transit	$0,95 \pm 0,04$	$0,99 \pm 0,02$	$1,8 \pm 1,0$	5520 ± 60	$41,97 \pm 0,27$
KOI-1257	1	Transit	$0,99 \pm 0,05$	$1,13 \pm 0,14$	$4,6 \pm 0,2$	5520 ± 80	$42,45 \pm 0,06$
KPS-1	1	Transit	$0,89 \pm 0,10$	$0,91 \pm 0,09$	$5,1 \pm 1,0$	5165 ± 90	$42,36 \pm 0,11$
LTT 9779	1	Transit	$0,77 \pm 0,25$	$0,95 \pm 0,01$	$1,1 \pm 0,4$	$5443 \pm 13,5$	$41,65 \pm 0,23$
mu Ara	4	RV	$1,15 \pm 0,07$	$1,25 \pm 0,04$	$3,1 \pm 0,5$	5784 ± 44	$42,39 \pm 0,08$
NGTS-11	1	Transit	$0,86 \pm 0,03$	$0,83 \pm 0,01$	$1,1 \pm 0,8$	5050 ± 80	$41,64 \pm 0,40$
NGTS-8	1	Transit	$0,89 \pm 0,05$	$0,98 \pm 0,02$	$3,6 \pm 0,7$	5241 ± 50	$42,24 \pm 0,09$
NGTS-9	1	Transit	$1,34 \pm 0,05$	$1,38 \pm 0,04$	$6,4 \pm 1,1$	6330 ± 130	$42,82 \pm 0,08$
Pr 201	1	RV	$1,23 \pm 0,03$	$1,13 \pm 0,04$	$9,6 \pm 0,5$	6174 ± 50	$42,87 \pm 0,03$
Pr 211	1	RV	$0,95 \pm 0,04$	$0,87 \pm 0,08$	$4,8 \pm 0,5$	5326 ± 50	$42,34 \pm 0,06$
Qatar-10	1	Transit	$1,16 \pm 0,07$	$1,25 \pm 0,03$	$5,9 \pm 0,5$	6124 ± 46	$42,68 \pm 0,05$
Qatar-4	1	Transit	$0,90 \pm 0,05$	$0,85 \pm 0,06$	$7,1 \pm 0,5$	5215 ± 50	$42,48 \pm 0,05$
Qatar-6	1	Transit	$0,82 \pm 0,02$	$0,72 \pm 0,02$	$2,9 \pm 0,5$	5052 ± 66	$41,98 \pm 0,08$
Qatar-8	1	Transit	$1,03 \pm 0,05$	$1,31 \pm 0,02$	$2,7 \pm 0,5$	5738 ± 51	$42,30 \pm 0,08$
rho CrB	1	RV	$0,97 \pm 0,02$	$1,10 \pm 0,04$	$1,6 \pm 0,5$	5823 ± 44	$41,98 \pm 0,14$
tau Gru	1	RV	$1,24 \pm 0,10$	$1,55 \pm 0,05$	$5,8 \pm 0,5$	5999 ± 44	$42,79 \pm 0,05$
TIC 237913194	1	Transit	$1,03 \pm 0,06$	$1,09 \pm 0,01$	$2,2 \pm 0,4$	5788 ± 80	$42,14 \pm 0,08$
TOI-125	3	Transit	$0,86 \pm 0,04$	$0,85 \pm 0,01$	$1,0 \pm 0,5$	5320 ± 39	$41,61 \pm 0,24$
TOI-132	1	Transit	$0,97 \pm 0,06$	$0,90 \pm 0,02$	$3,0 \pm 0,3$	5397 ± 46	$42,16 \pm 0,05$
TOI-150	1	Transit	$1,35 \pm 0,04$	$1,53 \pm 0,01$	$8,0 \pm 0,3$	6255 ± 90	$42,96 \pm 0,02$
TOI-169	1	Transit	$1,15 \pm 0,07$	$1,29 \pm 0,02$	2,5	$5880 \pm 51,5$	$42,31 \pm 0,15$
TOI-421	2	Transit	$0,85 \pm 0,03$	$0,87 \pm 0,01$	$1,8 \pm 1,0$	5325 ± 68	$41,87 \pm 0,27$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
TOI-561	5	Transit	$0,79 \pm 0,02$	$0,85 \pm 0,01$	2,0	5455 ± 56	$41,87 \pm 0,18$
TOI-677	1	Transit	$1,18 \pm 0,06$	$1,28 \pm 0,03$	$7,8 \pm 0,2$	6295 ± 77	$42,81 \pm 0,03$
TOI-763	2	Transit	$0,92 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,01$	$1,7 \pm 0,4$	5450 ± 60	$41,89 \pm 0,11$
TOI-892	1	Transit	$1,28 \pm 0,03$	$1,39 \pm 0,02$	$7,7 \pm 0,5$	6261 ± 80	$42,88 \pm 0,03$
TrES-3	1	Transit	0,93	0,83	1,5	5650	$41,81 \pm 0,26$
WASP-1	1	Transit	$1,24 \pm 0,06$	$1,47 \pm 0,03$	5,8		$42,77 \pm 0,06$
WASP-105	1	Transit	$0,89 \pm 0,09$	$0,90 \pm 0,03$	$1,7 \pm 1,9$	5070 ± 130	$41,88 \pm 0,14$
WASP-113	1	Transit	$1,32 \pm 0,07$	$1,61 \pm 0,11$	$6,8 \pm 0,7$	5890 ± 140	$42,90 \pm 0,06$
WASP-114	1	Transit	$1,29 \pm 0,05$	$1,43 \pm 0,06$	$6,4 \pm 0,7$	5940 ± 140	$42,82 \pm 0,05$
WASP-118	1	Transit	$1,32 \pm 0,04$	$1,70 \pm 0,03$	$9,7 \pm 1,1$	6410 ± 125	$43,08 \pm 0,05$
WASP-123	1	Transit	$1,17 \pm 0,06$	$1,28 \pm 0,05$	$1,0 \pm 0,7$	5740 ± 130	$41,92 \pm 0,38$
WASP-124	1	Transit	$1,07 \pm 0,05$	$1,02 \pm 0,02$	$3,2 \pm 0,9$	6050 ± 100	$42,29 \pm 0,13$
WASP-129	1	Transit	$1,00 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,02$	$2,7 \pm 0,6$	5900 ± 100	$42,13 \pm 0,10$
WASP-131	1	Transit	$1,06 \pm 0,06$	$1,53 \pm 0,05$	$3,0 \pm 0,9$	6030 ± 90	$42,43 \pm 0,14$
WASP-135	1	Transit	$0,98 \pm 0,06$	$0,96 \pm 0,05$	$4,7 \pm 0,9$	5675 ± 60	$42,39 \pm 0,09$
WASP-139	1	Transit	$0,92 \pm 0,10$	$0,80 \pm 0,04$	$4,2 \pm 1,1$	5310 ± 90	$42,23 \pm 0,13$
WASP-140	1	Transit	$0,90 \pm 0,04$	$0,87 \pm 0,04$	$3,1 \pm 0,8$	5260 ± 100	$42,13 \pm 0,12$
WASP-141	1	Transit	$1,25 \pm 0,06$	$1,37 \pm 0,07$	$3,9 \pm 0,8$	5900 ± 120	$42,57 \pm 0,10$
WASP-142	1	Transit	$1,33 \pm 0,08$	$1,64 \pm 0,08$	$3,1 \pm 1,4$	6010 ± 140	$42,57 \pm 0,21$
WASP-144	1	Transit	$0,81 \pm 0,04$	$0,81 \pm 0,04$	$1,9 \pm 1,2$	5200 ± 140	$41,84 \pm 0,33$
WASP-145 A	1	Transit	$0,76 \pm 0,04$	$0,68 \pm 0,07$	$2,1 \pm 1,1$	4900 ± 150	$41,78 \pm 0,26$
WASP-148	2	Transit	$1,00 \pm 0,08$	$1,03 \pm 0,20$	$3,0 \pm 2,0$	5460 ± 130	$42,23 \pm 0,38$
WASP-150	1	Transit	$1,39 \pm 0,06$	$1,65 \pm 0,03$	$8,8 \pm 1,0$	6218 ± 47	$43,05 \pm 0,05$
WASP-151	1	Transit	$1,08 \pm 0,08$	$1,14 \pm 0,03$	$4,3 \pm 0,9$	5871 ± 57	$42,47 \pm 0,10$
WASP-156	1	Transit	$0,84 \pm 0,05$	$0,76 \pm 0,03$	$3,8 \pm 0,9$	4910 ± 61	$42,13 \pm 0,11$
WASP-158	1	Transit	$1,38 \pm 0,14$	$1,39 \pm 0,18$	$9,3 \pm 1,3$	6350 ± 150	$42,99 \pm 0,10$
WASP-162	1	Transit	$0,95 \pm 0,04$	$1,11 \pm 0,05$	$1,0 \pm 0,8$	5300 ± 100	$41,77 \pm 0,48$
WASP-171	1	Transit	$1,17 \pm 0,06$	$1,64 \pm 0,07$	$6,3 \pm 0,9$	5965 ± 100	$42,83 \pm 0,07$
WASP-173 A	1	Transit	$1,05 \pm 0,08$	$1,11 \pm 0,05$	$6,1 \pm 0,3$	5800 ± 140	$42,60 \pm 0,04$
WASP-175	1	Transit	$1,21 \pm 0,04$	$1,20 \pm 0,06$	4,0	6229 ± 100	$42,51 \pm 0,09$
WASP-182	1	Transit	$1,08 \pm 0,06$	$1,34 \pm 0,03$	$1,4 \pm 1,0$	5638 ± 100	$42,05 \pm 0,39$
WASP-184	1	Transit	$1,23 \pm 0,07$	$1,65 \pm 0,09$	$4,5 \pm 1,1$	6000 ± 100	$42,70 \pm 0,11$
WASP-185	1	Transit	$1,12 \pm 0,06$	$1,50 \pm 0,08$	$2,8 \pm 0,9$	5900 ± 100	$42,42 \pm 0,15$
WASP-19	1	Transit	$0,90 \pm 0,04$	$1,00 \pm 0,02$	$4,6 \pm 0,3$	5568 ± 71	$42,36 \pm 0,04$
WASP-192	1	Transit	$1,09 \pm 0,06$	$1,32 \pm 0,07$	$3,1 \pm 1,1$	5910 ± 145	$42,39 \pm 0,17$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Massa (M_{\odot})	Raio (R_{\odot})	$v \sin i$ (km/s)	T_{ef} (K)	$\log(J_{\star})$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
WASP-20	1	Transit	$1,20 \pm 0,04$	$1,39 \pm 0,04$	$4,8 \pm 0,5$	5940 ± 100	$42,65 \pm 0,05$
WASP-21	1	Transit	$0,89 \pm 0,08$	$1,14 \pm 0,05$	$1,5 \pm 0,6$	5800 ± 100	$41,93 \pm 0,19$
WASP-28	1	Transit	$1,02 \pm 0,05$	$1,09 \pm 0,03$	$3,3 \pm 0,3$	6150 ± 140	$42,31 \pm 0,05$
WASP-4	1	Transit	$0,86 \pm 0,09$	$0,89 \pm 0,03$	$2,2 \pm 0,8$	5400 ± 90	$41,97 \pm 0,17$
WASP-5	1	Transit	$0,96 \pm 0,11$	$1,03 \pm 0,07$	3,1	5700 ± 100	$42,23 \pm 0,13$
WASP-52	1	Transit	$0,87 \pm 0,03$	$0,79 \pm 0,02$	$3,6 \pm 0,9$	5000 ± 100	$42,14 \pm 0,11$
WASP-64	1	Transit	$1,00 \pm 0,03$	$1,06 \pm 0,03$	$3,4 \pm 0,8$	5400 ± 100	$42,30 \pm 0,11$
WASP-65	1	Transit	$0,93 \pm 0,14$	$1,01 \pm 0,05$	$3,6 \pm 0,5$	5600 ± 100	$42,27 \pm 0,09$
WASP-70 A	1	Transit	$1,11 \pm 0,04$	$1,22 \pm 0,08$	$1,8 \pm 0,4$	5763 ± 79	$42,13 \pm 0,10$
WASP-75	1	Transit	$1,14 \pm 0,07$	$1,26 \pm 0,04$	$4,3 \pm 0,8$	6100 ± 100	$42,53 \pm 0,09$
WASP-76	1	Transit	$1,46 \pm 0,07$	$1,73 \pm 0,04$	$3,3 \pm 0,6$	6250 ± 100	$42,66 \pm 0,08$
WASP-84	1	Transit	$0,84 \pm 0,04$	$0,75 \pm 0,01$	$4,1 \pm 0,3$	5314 ± 88	$42,16 \pm 0,04$
WASP-89	1	Transit	$0,92 \pm 0,08$	$0,88 \pm 0,03$	$2,5 \pm 0,9$	5130 ± 90	$42,05 \pm 0,17$
WASP-91	1	Transit	$0,84 \pm 0,07$	$0,86 \pm 0,03$	$2,4 \pm 0,4$	4920 ± 80	$41,98 \pm 0,08$
WASP-92	1	Transit	$1,19 \pm 0,04$	$1,34 \pm 0,06$	$5,7 \pm 1,2$	6280 ± 120	$42,70 \pm 0,10$
WASP-96	1	Transit	$1,06 \pm 0,09$	$1,05 \pm 0,05$	$1,5 \pm 1,3$	5540 ± 140	$41,97 \pm 0,58$
WTS-1	1	Transit	$1,20 \pm 0,10$	$1,15 \pm 0,11$	$7,0 \pm 2,0$	6250 ± 200	$42,73 \pm 0,14$
WTS-2	1	Transit	$0,82 \pm 0,08$	$0,75 \pm 0,03$	$2,2 \pm 1,0$	5000 ± 250	$41,87 \pm 0,22$
XO-7	1	Transit	$1,41 \pm 0,06$	$1,48 \pm 0,02$	$6,0 \pm 1,0$	6250 ± 100	$42,84 \pm 0,08$

No estudo do momentum angular orbital, fazemos o uso das propriedades físicas que os planetas executam em torno de um centro de massa dominante, com isso, foi possível computar J_p e seus erros. A tabela 7 ilustra essas informações (nome estelar, número de planetas que cada sistema possui (n), massa planetária, semi-eixo maior (a), excentricidade (e) e log do momentum angular orbital e seus erros) que foram responsáveis pelas gerações das figuras 25, 26 e 27 (ver capítulo 4).

Com destaque para o sistema formado pela estrela da sequência principal HD 136118 com cerca de $1,19M_{\odot}$ que hospeda o planeta HD 136118 b com $11,681M_J$ (ver http://exoplanets.org/detail/HD_136118) descoberto por velocidade radial e que possui a maior taxa de J_p desse trabalho. Mas, um trabalho publicado em 2010 (ver Martioli *et al.* [71]) mostrou que HD 136118 b trata-se de uma anã marrom ($M_J = 42^{+11}_{-18}$). Logo, mandeu-se este sistema com base nas informações contidas em <http://exoplanets.org/>, porém, com a ressalta que alguns parâmetros físicos sofreram mudanças.

Alguns sistemas multiplanetários não apresentam dados de um de seus plane-

tas sendo omitidos nessa dissertação, devido as bases de dados utilizadas não conterem as informações necessárias para este estudo. Assim, esses sistemas podem sofrer alterações em, $J_{p,total}$ (momentum angular orbital total) e J_{tot} , quando essas informações estiverem disponíveis.

Tabela 7: Propriedades físicas para computar o momentum angular orbital (trânsito e velocidade radial).

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
14 Her	1	RV	b	$5,215 \pm 0,298$	$2,9336 \pm 0,0835$	$0,369 \pm 0,005$	$43,86 \pm 0,03$
47 UMa	2	RV	b	$2,546 \pm 0,096$	$2,1015 \pm 0,0351$	$0,032 \pm 0,014$	$43,51 \pm 0,02$
47 UMa	2	RV	c	$0,546 \pm 0,071$	$3,5720 \pm 0,1105$	$0,098 \pm 0,072$	$42,95 \pm 0,06$
51 Peg	1	RV	b	$0,461 \pm 0,016$	$0,0521 \pm 0,0009$	$0,013 \pm 0,012$	$41,96 \pm 0,02$
61 Vir	3	RV	b	$0,016 \pm 0,002$	$0,0501 \pm 0,0008$	$0,120 \pm 0,110$	$40,47 \pm 0,06$
61 Vir	3	RV	c	$0,033 \pm 0,004$	$0,2169 \pm 0,0036$	$0,140 \pm 0,060$	$41,10 \pm 0,05$
61 Vir	3	RV	d	$0,072 \pm 0,009$	$0,4745 \pm 0,0080$	$0,350 \pm 0,090$	$41,58 \pm 0,06$
BD +14 4559	1	RV	b	$1,519 \pm 0,188$	$0,7759 \pm 0,0451$	$0,290 \pm 0,030$	$43,00 \pm 0,07$
CoRoT-10	1	Transit	b	$2,750 \pm 0,160$	$0,1055 \pm 0,0021$	$0,530 \pm 0,040$	$42,78 \pm 0,03$
CoRoT-13	1	Transit	b	$1,308 \pm 0,066$	$0,0510 \pm 0,0031$	0	$42,42 \pm 0,03$
CoRoT-16	1	Transit	b	$0,535 \pm 0,084$	$0,0618 \pm 0,0015$	$0,330 \pm 0,095$	$42,05 \pm 0,07$
CoRoT-18	1	Transit	b	$3,470 \pm 0,380$	$0,0295 \pm 0,0016$	0,080	$42,69 \pm 0,06$
CoRoT-22	1	Transit	b	$0,038 \pm 0,036$	$0,0920 \pm 0,0014$	$0,077 \pm 0,171$	$41,01 \pm 0,79$
CoRoT-23	1	Transit	b	$2,800 \pm 0,300$	$0,0480 \pm 0,0040$	$0,160 \pm 0,020$	$42,74 \pm 0,05$
CoRoT-24	2	Transit	b	0,018	$0,0560 \pm 0,0020$	0	$40,54 \pm 0,06$
CoRoT-24	2	Transit	c	$0,088 \pm 0,035$	$0,0980 \pm 0,0030$	0	$41,35 \pm 0,18$
CoRoT-25	1	Transit	b	$0,270 \pm 0,040$	$0,0578 \pm 0,0015$	0	$41,76 \pm 0,07$
CoRoT-27	1	Transit	b	$10,390 \pm 0,550$	$0,0476 \pm 0,0066$	0,065	$43,29 \pm 0,04$
CoRoT-29	1	Transit	b	$0,850 \pm 0,200$	$0,0386 \pm 0,0059$	$0,082 \pm 0,081$	$42,14 \pm 0,11$
CoRoT-30	1	Transit	b	$2,900 \pm 0,220$	$0,0844 \pm 0,0012$	$0,007 \pm 0,031$	$42,85 \pm 0,03$
CoRoT-8	1	Transit	b	$0,220 \pm 0,030$	$0,0630 \pm 0,0010$	0	$41,64 \pm 0,06$
CoRoT-9	1	Transit	b	$0,840 \pm 0,050$	$0,4021 \pm 0,0054$	$0,133 \pm 0,040$	$42,64 \pm 0,03$
epsilon Eri	1	RV	b	$1,054 \pm 0,188$	$3,3756 \pm 0,3224$	$0,250 \pm 0,230$	$43,16 \pm 0,09$
HAT-P-16	1	Transit	b	$4,193 \pm 0,094$	$0,0413 \pm 0,0004$	$0,036 \pm 0,004$	$42,90 \pm 0,01$
HAT-P-20	1	Transit	b	$7,246 \pm 0,187$	$0,0361 \pm 0,0005$	$0,015 \pm 0,005$	$43,01 \pm 0,01$
HAT-P-43	1	Transit	b	$0,662 \pm 0,060$	$0,0443 \pm 0,0005$	0	$42,08 \pm 0,04$
HAT-P-50	1	Transit	b	$1,350 \pm 0,073$	$0,0453 \pm 0,0010$	0,115	$42,44 \pm 0,03$
HAT-P-51	1	Transit	b	$0,309 \pm 0,018$	$0,0507 \pm 0,0005$	0,123	$41,76 \pm 0,03$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HATS-15	1	Transit	b	$2,170 \pm 0,150$	$0,0271 \pm 0,0002$	0,126	$42,45 \pm 0,03$
HATS-16	1	Transit	b	$3,270 \pm 0,190$	$0,0374 \pm 0,0005$	0	$42,72 \pm 0,03$
HATS-17	1	Transit	b	$1,338 \pm 0,065$	$0,1308 \pm 0,0012$	$0,029 \pm 0,022$	$42,64 \pm 0,02$
HATS-2	1	Transit	b	$1,345 \pm 0,150$	$0,0230 \pm 0,0003$	0	$42,21 \pm 0,05$
HATS-23	1	Transit	b	$1,470 \pm 0,072$	$0,0340 \pm 0,0005$	0,114	$42,38 \pm 0,02$
HATS-24	1	Transit	b	$2,260 \pm 0,170$	$0,0238 \pm 0,0010$	0	$42,48 \pm 0,03$
HATS-25	1	Transit	b	$0,613 \pm 0,042$	$0,0516 \pm 0,0006$	0,176	$42,06 \pm 0,03$
HATS-27	1	Transit	b	$0,530 \pm 0,130$	$0,0611 \pm 0,0007$	0,581	$42,03 \pm 0,11$
HATS-28	1	Transit	b	$0,672 \pm 0,087$	$0,0413 \pm 0,0005$	0,202	$42,04 \pm 0,06$
HATS-29	1	Transit	b	$0,653 \pm 0,063$	$0,0548 \pm 0,0009$	0,158	$42,11 \pm 0,04$
HATS-3	1	Transit	b	$1,071 \pm 0,136$	$0,0485 \pm 0,0005$	0	$42,34 \pm 0,06$
HATS-30	1	Transit	b	$0,706 \pm 0,039$	$0,0435 \pm 0,0004$	0,096	$42,11 \pm 0,02$
HD 100777	1	RV	b	$1,165 \pm 0,083$	$1,0338 \pm 0,0345$	$0,360 \pm 0,020$	$42,97 \pm 0,04$
HD 10180	6	RV	c	$0,042 \pm 0,002$	$0,0641 \pm 0,0011$	$0,077 \pm 0,033$	$40,97 \pm 0,02$
HD 10180	6	RV	d	$0,038 \pm 0,002$	$0,1286 \pm 0,0021$	$0,143 \pm 0,058$	$41,07 \pm 0,03$
HD 10180	6	RV	e	$0,080 \pm 0,004$	$0,2699 \pm 0,0045$	$0,065 \pm 0,035$	$41,56 \pm 0,02$
HD 10180	6	RV	f	$0,074 \pm 0,005$	$0,4928 \pm 0,0082$	$0,133 \pm 0,066$	$41,65 \pm 0,03$
HD 10180	6	RV	g	$0,067 \pm 0,009$	$1,4227 \pm 0,0294$	0	$41,84 \pm 0,06$
HD 102195	1	RV	b	$0,453 \pm 0,021$	$0,0480 \pm 0,0008$	0	$41,89 \pm 0,02$
HD 103197	1	RV	b	$0,098 \pm 0,006$	$0,2490 \pm 0,0042$	0	$41,59 \pm 0,03$
HD 103774	1	RV	b	$0,368 \pm 0,023$	$0,0703 \pm 0,0012$	$0,090 \pm 0,040$	$41,98 \pm 0,03$
HD 106252	1	RV	b	$6,959 \pm 0,257$	$2,6115 \pm 0,0439$	$0,482 \pm 0,011$	$43,92 \pm 0,02$
HD 10647	1	RV	b	$0,925 \pm 0,242$	$2,0218 \pm 0,0825$	$0,160 \pm 0,190$	$43,06 \pm 0,12$
HD 108147	1	RV	b	$0,258 \pm 0,067$	$0,1014 \pm 0,0017$	$0,530 \pm 0,120$	$41,80 \pm 0,12$
HD 108874	2	RV	b	$1,290 \pm 0,057$	$1,0353 \pm 0,0173$	$0,128 \pm 0,022$	$43,03 \pm 0,02$
HD 108874	2	RV	c	$1,028 \pm 0,054$	$2,7202 \pm 0,0522$	$0,273 \pm 0,040$	$43,13 \pm 0,02$
HD 109246	1	RV	b	$0,768 \pm 0,064$	$0,3281 \pm 0,0119$	$0,120 \pm 0,040$	$42,57 \pm 0,04$
HD 113337	1	RV	b	$2,830 \pm 0,240$	$1,0335 \pm 0,0347$	$0,460 \pm 0,040$	$43,41 \pm 0,04$
HD 11506	2	RV	b	$4,735 \pm 0,340$	$2,6049 \pm 0,0861$	$0,300 \pm 0,100$	$43,83 \pm 0,04$
HD 117207	1	RV	b	$1,819 \pm 0,089$	$3,7375 \pm 0,0737$	$0,144 \pm 0,035$	$43,48 \pm 0,02$
HD 117618	1	RV	b	$0,177 \pm 0,035$	$0,1749 \pm 0,0029$	$0,420 \pm 0,170$	$41,77 \pm 0,10$
HD 12661	2	RV	b	$2,341 \pm 0,101$	$0,8382 \pm 0,0177$	$0,377 \pm 0,008$	$43,25 \pm 0,02$
HD 12661	2	RV	c	$1,949 \pm 0,092$	$2,9193 \pm 0,0637$	$0,0310 \pm 0,022$	$43,48 \pm 0,02$
HD 128311	2	RV	b	$1,457 \pm 0,152$	$1,0865 \pm 0,0183$	$0,345 \pm 0,049$	$43,04 \pm 0,05$
HD 128311	2	RV	c	$3,248 \pm 0,159$	$1,7453 \pm 0,0298$	$0,230 \pm 0,058$	$43,51 \pm 0,02$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 130322	1	RV	b	$1,043 \pm 0,040$	$0,0896 \pm 0,0015$	$0,011 \pm 0,016$	$42,38 \pm 0,02$
HD 134987	2	RV	b	$1,563 \pm 0,062$	$0,8079 \pm 0,0160$	$0,233 \pm 0,002$	$43,07 \pm 0,02$
HD 134987	2	RV	c	$0,805 \pm 0,046$	$5,8251 \pm 0,3313$	$0,120 \pm 0,020$	$43,22 \pm 0,03$
HD 136118	1	RV	b	$11,681 \pm 0,419$	$2,3333 \pm 0,0390$	$0,338 \pm 0,015$	$44,19 \pm 0,02$
HD 13908	2	RV	b	$0,865 \pm 0,035$	$0,1538 \pm 0,0026$	$0,046 \pm 0,022$	$42,51 \pm 0,02$
HD 13908	2	RV	c	$5,130 \pm 0,250$	$2,0339 \pm 0,0420$	$0,120 \pm 0,020$	$43,84 \pm 0,02$
HD 13931	1	RV	b	$1,881 \pm 0,142$	$5,1493 \pm 0,3272$	$0,020 \pm 0,035$	$43,56 \pm 0,04$
HD 141937	1	RV	b	$9,475 \pm 0,411$	$1,5009 \pm 0,0251$	$0,410 \pm 0,01$	$43,96 \pm 0,02$
HD 142415	1	RV	b	$1,662 \pm 0,093$	$1,0606 \pm 0,0179$	0,500	$43,11 \pm 0,03$
HD 143361	1	RV	b	$3,423 \pm 0,130$	$1,9850 \pm 0,0351$	$0,193 \pm 0,015$	$43,59 \pm 0,02$
HD 145377	1	RV	b	$5,782 \pm 0,224$	$0,4501 \pm 0,0075$	$0,307 \pm 0,017$	$43,52 \pm 0,02$
HD 1461	1	RV	b	$0,024 \pm 0,005$	$0,0635 \pm 0,0011$	$0,140 \pm 0,190$	$40,71 \pm 0,09$
HD 147018	2	RV	b	$2,127 \pm 0,076$	$0,2389 \pm 0,0040$	$0,469 \pm 0,008$	$42,88 \pm 0,02$
HD 147018	2	RV	c	$6,594 \pm 0,294$	$1,9227 \pm 0,0394$	$0,133 \pm 0,011$	$43,87 \pm 0,02$
HD 147873	2	RV	b	$5,011 \pm 0,171$	$0,5206 \pm 0,0087$	$0,207 \pm 0,013$	$43,55 \pm 0,02$
HD 148156	1	RV	b	$0,848 \pm 0,069$	$2,1291 \pm 0,0525$	$0,520 \pm 0,065$	$43,00 \pm 0,04$
HD 149026	1	RV	b	$0,361 \pm 0,016$	$0,0431 \pm 0,0007$	0	$41,86 \pm 0,02$
HD 15337	2	Transit	b	$0,024 \pm 0,003$	$0,0522 \pm 0,0012$	$0,090 \pm 0,050$	$40,64 \pm 0,06$
HD 15337	2	Transit	c	$0,026 \pm 0,006$	$0,1268 \pm 0,0038$	$0,050 \pm 0,050$	$40,87 \pm 0,10$
HD 153950	1	RV	b	$2,742 \pm 0,106$	$1,2803 \pm 0,0222$	$0,340 \pm 0,021$	$43,42 \pm 0,02$
HD 154345	1	RV	b	$0,957 \pm 0,061$	$4,2138 \pm 0,1049$	$0,044 \pm 0,045$	$43,20 \pm 0,03$
HD 156279	1	RV	b	$9,785 \pm 0,533$	$0,4945 \pm 0,0084$	$0,708 \pm 0,018$	$43,60 \pm 0,03$
HD 159243	2	RV	b	$1,130 \pm 0,050$	$0,1104 \pm 0,0018$	$0,020 \pm 0,018$	$42,53 \pm 0,02$
HD 159243	2	RV	c	$1,900 \pm 0,130$	$0,8047 \pm 0,0171$	$0,075 \pm 0,050$	$43,18 \pm 0,03$
HD 16175	1	RV	b	$4,656 \pm 0,361$	$2,1263 \pm 0,0606$	$0,637 \pm 0,020$	$43,70 \pm 0,04$
HD 16417	1	RV	b	$0,067 \pm 0,006$	$0,1354 \pm 0,0023$	$0,200 \pm 0,090$	$41,34 \pm 0,04$
HD 164509	1	RV	b	$0,480 \pm 0,095$	$0,8775 \pm 0,0166$	$0,260 \pm 0,140$	$42,59 \pm 0,09$
HD 164922	2	RV	b	$0,358 \pm 0,060$	$2,1009 \pm 0,0448$	$0,050 \pm 0,095$	$42,63 \pm 0,07$
HD 165155	1	RV	b	$2,809 \pm 0,147$	$1,1311 \pm 0,0192$	$0,200 \pm 0,030$	$43,40 \pm 0,03$
HD 1666	1	RV	b	$6,471 \pm 0,359$	$0,9371 \pm 0,0157$	$0,630 \pm 0,025$	$43,70 \pm 0,03$
HD 169830	2	RV	b	$2,889 \pm 0,102$	$0,8133 \pm 0,0136$	$0,310 \pm 0,010$	$43,40 \pm 0,02$
HD 169830	2	RV	c	$4,064 \pm 0,348$	$3,6018 \pm 0,3075$	$0,330 \pm 0,020$	$43,86 \pm 0,04$
HD 170469	1	RV	b	$0,669 \pm 0,109$	$2,2354 \pm 0,0452$	$0,110 \pm 0,080$	$42,95 \pm 0,07$
HD 171238	1	RV	b	$2,609 \pm 0,148$	$2,5427 \pm 0,0639$	$0,400 \pm 0,060$	$43,50 \pm 0,03$
HD 17156	1	RV	b	$3,303 \pm 0,112$	$0,1632 \pm 0,0027$	$0,682 \pm 0,004$	$42,97 \pm 0,02$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 17674	1	RV	b	$0,876 \pm 0,064$	$1,4196 \pm 0,0483$	$0,000 \pm 0,065$	$42,94 \pm 0,04$
HD 179949	1	RV	b	$0,902 \pm 0,033$	$0,0439 \pm 0,0007$	$0,022 \pm 0,015$	$42,24 \pm 0,02$
HD 181720	1	RV	b	$0,372 \pm 0,023$	$1,8474 \pm 0,0357$	$0,260 \pm 0,060$	$42,60 \pm 0,03$
HD 183263	2	RV	b	$3,574 \pm 0,199$	$1,4901 \pm 0,0249$	$0,357 \pm 0,009$	$43,56 \pm 0,03$
HD 183263	2	RV	c	$3,476 \pm 0,309$	$4,2949 \pm 0,1252$	$0,239 \pm 0,064$	$43,80 \pm 0,04$
HD 187085	1	RV	b	0,804	2,0275	0,470	$42,96 \pm 0,07$
HD 187123	2	RV	b	$0,510 \pm 0,017$	$0,0421 \pm 0,0007$	$0,010 \pm 0,006$	$41,96 \pm 0,02$
HD 187123	2	RV	c	$1,942 \pm 0,152$	$4,8315 \pm 0,3667$	$0,252 \pm 0,033$	$43,55 \pm 0,04$
HD 190647	1	RV	b	$1,903 \pm 0,132$	$2,0724 \pm 0,0632$	$0,180 \pm 0,020$	$43,38 \pm 0,04$
HD 192263	1	RV	b	$0,639 \pm 0,038$	$0,1529 \pm 0,0025$	$0,055 \pm 0,039$	$42,28 \pm 0,03$
HD 202206	2	RV	c	$2,331 \pm 0,127$	$2,4900 \pm 0,0549$	$0,267 \pm 0,021$	$43,49 \pm 0,03$
HD 2039	1	RV	b	$5,925 \pm 0,978$	$2,1976 \pm 0,0577$	$0,715 \pm 0,046$	$43,74 \pm 0,08$
HD 204313	2	RV	b	$3,501 \pm 0,221$	$3,0713 \pm 0,0577$	$0,230 \pm 0,040$	$43,71 \pm 0,03$
HD 205739	1	RV	b	$1,487 \pm 0,128$	$0,8949 \pm 0,0196$	$0,270 \pm 0,070$	$43,10 \pm 0,04$
HD 207832	2	RV	b	$0,564 \pm 0,065$	$0,5698 \pm 0,0203$	$0,130 \pm 0,115$	$42,54 \pm 0,06$
HD 207832	2	RV	c	$0,730 \pm 0,161$	$2,1118 \pm 0,1000$	$0,270 \pm 0,160$	$42,92 \pm 0,10$
HD 208487	1	RV	b	$0,512 \pm 0,097$	$0,5208 \pm 0,0088$	$0,240 \pm 0,160$	$42,51 \pm 0,09$
HD 209458	1	RV	b	$0,690 \pm 0,024$	$0,0472 \pm 0,0008$	0	$42,13 \pm 0,02$
HD 210277	1	RV	b	$1,273 \pm 0,051$	$1,1311 \pm 0,0189$	$0,476 \pm 0,017$	$43,00 \pm 0,02$
HD 213885	2	Transit	b	$0,028 \pm 0,002$	$0,0201 \pm 0,0001$	0	$40,54 \pm 0,03$
HD 215497	2	RV	c	$0,328 \pm 0,025$	$1,2824 \pm 0,0218$	$0,490 \pm 0,040$	$42,41 \pm 0,04$
HD 216437	1	RV	b	$2,168 \pm 0,094$	$2,4856 \pm 0,0515$	$0,319 \pm 0,025$	$43,46 \pm 0,02$
HD 219828	1	RV	b	$0,062 \pm 0,005$	$0,0515 \pm 0,0009$	0	$41,12 \pm 0,04$
HD 221287	1	RV	b	$3,115 \pm 0,595$	$1,2502 \pm 0,0354$	$0,080 \pm 0,110$	$43,52 \pm 0,09$
HD 222155	1	RV	b	$2,026 \pm 0,500$	$5,1386 \pm 0,4636$	$0,160 \pm 0,215$	$43,61 \pm 0,11$
HD 224538	1	RV	b	$6,023 \pm 0,254$	$2,4252 \pm 0,0410$	$0,464 \pm 0,022$	$43,91 \pm 0,02$
HD 224693	1	RV	b	$0,715 \pm 0,050$	$0,1924 \pm 0,0048$	$0,050 \pm 0,030$	$42,49 \pm 0,03$
HD 23079	1	RV	b	$2,443 \pm 0,096$	$1,5951 \pm 0,0278$	$0,102 \pm 0,031$	$43,42 \pm 0,02$
HD 23127	1	RV	b	$1,405 \pm 0,100$	$2,3186 \pm 0,0571$	$0,440 \pm 0,070$	$43,24 \pm 0,04$
HD 231701	1	RV	b	$1,087 \pm 0,105$	$0,5556 \pm 0,0122$	$0,100 \pm 0,080$	$42,86 \pm 0,04$
HD 24040	1	RV	b	$4,022 \pm 0,326$	$4,9241 \pm 0,2061$	$0,040 \pm 0,065$	$43,91 \pm 0,04$
HD 25171	1	RV	b	$0,956 \pm 0,234$	$3,0306 \pm 0,1897$	$0,080 \pm 0,060$	$43,17 \pm 0,11$
HD 29021	1	RV	b	$2,457 \pm 0,160$	$2,2803 \pm 0,0717$	$0,459 \pm 0,008$	$43,41 \pm 0,04$
HD 290327	1	RV	b	$2,548 \pm 0,206$	$3,4305 \pm 0,1612$	$0,080 \pm 0,055$	$43,58 \pm 0,04$
HD 30177	1	RV	b	$9,688 \pm 0,544$	$3,8082 \pm 0,1338$	$0,193 \pm 0,025$	$44,19 \pm 0,03$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 30562	1	RV	b	$1,333 \pm 0,161$	$2,3408 \pm 0,0649$	$0,760 \pm 0,050$	$43,10 \pm 0,07$
HD 30669	1	RV	b	$0,469 \pm 0,064$	$2,6946 \pm 0,0791$	$0,180 \pm 0,150$	$42,79 \pm 0,06$
HD 31253	1	RV	b	$0,501 \pm 0,091$	$1,2605 \pm 0,0217$	$0,300 \pm 0,200$	$42,70 \pm 0,09$
HD 33283	1	RV	b	$0,330 \pm 0,033$	$0,1454 \pm 0,0039$	$0,480 \pm 0,050$	$42,02 \pm 0,05$
HD 33636	1	RV	b	$9,270 \pm 0,331$	$3,2652 \pm 0,0551$	$0,481 \pm 0,006$	$44,10 \pm 0,02$
HD 37124	3	RV	c	$0,648 \pm 0,055$	$1,7099 \pm 0,0292$	$0,125 \pm 0,055$	$42,82 \pm 0,04$
HD 37124	3	RV	d	$0,687 \pm 0,075$	$2,8066 \pm 0,0604$	$0,160 \pm 0,140$	$42,95 \pm 0,05$
HD 38283	1	RV	b	$0,338 \pm 0,040$	$1,0238 \pm 0,0173$	$0,410 \pm 0,160$	$42,44 \pm 0,06$
HD 39091	1	RV	b	$10,088 \pm 0,376$	$3,3465 \pm 0,1043$	$0,641 \pm 0,007$	$44,09 \pm 0,02$
HD 39091	2	Transit	c	$0,015 \pm 0,003$	$0,0684 \pm 0,0005$	0	$40,54 \pm 0,09$
HD 42012	1	RV	b	$1,612 \pm 0,110$	$1,6611 \pm 0,0540$	$0,000 \pm 0,100$	$43,20 \pm 0,04$
HD 4203	1	RV	b	$2,082 \pm 0,116$	$1,1654 \pm 0,0221$	$0,519 \pm 0,027$	$43,24 \pm 0,03$
HD 43197	1	RV	b	$0,597 \pm 0,141$	$0,9180 \pm 0,0155$	$0,830 \pm 0,030$	$42,42 \pm 0,11$
HD 44219	1	RV	b	$0,589 \pm 0,104$	$1,1871 \pm 0,0219$	$0,610 \pm 0,080$	$42,63 \pm 0,09$
HD 45350	1	RV	b	$1,836 \pm 0,096$	$1,9441 \pm 0,0384$	$0,778 \pm 0,009$	$43,14 \pm 0,03$
HD 45364	2	RV	b	$0,187 \pm 0,008$	$0,6816 \pm 0,0139$	$0,168 \pm 0,019$	$42,07 \pm 0,02$
HD 45364	2	RV	c	$0,659 \pm 0,030$	$0,8975 \pm 0,0182$	$0,097 \pm 0,012$	$42,68 \pm 0,02$
HD 45652	1	RV	b	$0,468 \pm 0,042$	$0,2279 \pm 0,0046$	$0,380 \pm 0,060$	$42,20 \pm 0,04$
HD 47186	2	RV	b	$0,071 \pm 0,003$	$0,0498 \pm 0,0008$	$0,038 \pm 0,020$	$41,13 \pm 0,02$
HD 47186	2	RV	c	$0,348 \pm 0,076$	$2,3870 \pm 0,0780$	$0,249 \pm 0,073$	$42,64 \pm 0,10$
HD 50499	1	RV	b	$1,745 \pm 0,140$	$3,8717 \pm 0,0758$	$0,254 \pm 0,203$	$43,50 \pm 0,04$
HD 50554	1	RV	b	$4,399 \pm 0,405$	$2,2610 \pm 0,0405$	$0,444 \pm 0,038$	$43,71 \pm 0,04$
HD 52265	1	RV	b	$1,071 \pm 0,090$	$0,4999 \pm 0,0083$	$0,325 \pm 0,065$	$42,82 \pm 0,04$
HD 5388	1	RV	b	$1,965 \pm 0,102$	$1,7635 \pm 0,0300$	$0,400 \pm 0,02$	$43,35 \pm 0,02$
HD 63765	1	RV	b	$0,644 \pm 0,046$	$0,9404 \pm 0,0158$	$0,240 \pm 0,043$	$42,68 \pm 0,03$
HD 67087	1	RV	b	$3,098 \pm 0,207$	$1,0822 \pm 0,0184$	$0,170 \pm 0,070$	$43,50 \pm 0,03$
HD 6718	1	RV	b	$1,559 \pm 0,117$	$3,5543 \pm 0,1773$	$0,100 \pm 0,075$	$43,39 \pm 0,04$
HD 68988	1	RV	b	$1,800 \pm 0,100$	$0,0693 \pm 0,0018$	$0,125 \pm 0,009$	$42,62 \pm 0,03$
HD 72659	1	RV	b	$3,174 \pm 0,148$	$4,7538 \pm 0,0839$	$0,220 \pm 0,030$	$43,77 \pm 0,02$
HD 72892	1	RV	b	$4,913 \pm 0,179$	$0,2287 \pm 0,0038$	$0,423 \pm 0,006$	$43,26 \pm 0,02$
HD 73267	1	RV	b	$3,063 \pm 0,105$	$2,1985 \pm 0,0375$	$0,256 \pm 0,009$	$43,55 \pm 0,02$
HD 73526	2	RV	b	$2,856 \pm 0,172$	$0,6465 \pm 0,0110$	$0,190 \pm 0,050$	$43,28 \pm 0,03$
HD 73526	2	RV	c	$2,421 \pm 0,167$	$1,0283 \pm 0,0177$	$0,140 \pm 0,090$	$43,32 \pm 0,03$
HD 74156	2	RV	b	$1,773 \pm 0,090$	$0,2915 \pm 0,0049$	$0,630 \pm 0,010$	$42,85 \pm 0,02$
HD 74156	2	RV	c	$8,247 \pm 0,357$	$3,8997 \pm 0,0668$	$0,380 \pm 0,020$	$44,15 \pm 0,02$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
HD 75898	1	RV	b	$2,515 \pm 0,217$	$1,1891 \pm 0,0417$	$0,100 \pm 0,050$	$43,42 \pm 0,04$
HD 76700	1	RV	b	$0,232 \pm 0,020$	$0,0511 \pm 0,0015$	$0,095 \pm 0,075$	$41,67 \pm 0,04$
HD 77338	1	RV	b	$0,050 \pm 0,015$	$0,0612 \pm 0,0011$	$0,090 \pm 0,215$	$41,00 \pm 0,14$
HD 7924	3	RV	b	$0,027 \pm 0,002$	$0,0566 \pm 0,0009$	$0,058 \pm 0,048$	$40,69 \pm 0,03$
HD 7924	3	RV	c	$0,025 \pm 0,002$	$0,1134 \pm 0,0019$	$0,098 \pm 0,083$	$40,81 \pm 0,04$
HD 7924	3	RV	d	$0,020 \pm 0,003$	$0,1551 \pm 0,0026$	$0,210 \pm 0,125$	$40,77 \pm 0,07$
HD 81040	1	RV	b	$6,877 \pm 0,482$	$1,9372 \pm 0,0335$	$0,526 \pm 0,042$	$43,83 \pm 0,03$
HD 82943	2	RV	b	$1,685 \pm 0,097$	$1,1851 \pm 0,0218$	$0,203 \pm 0,068$	$43,21 \pm 0,03$
HD 82943	2	RV	c	$1,589 \pm 0,103$	$0,7423 \pm 0,0129$	$0,425 \pm 0,025$	$43,05 \pm 0,03$
HD 83443	1	RV	b	$0,396 \pm 0,018$	$0,0405 \pm 0,0007$	$0,013 \pm 0,013$	$41,83 \pm 0,02$
HD 8535	1	RV	b	$0,682 \pm 0,052$	$2,4447 \pm 0,0536$	$0,150 \pm 0,070$	$42,98 \pm 0,04$
HD 8574	1	RV	b	$1,806 \pm 0,083$	$0,7571 \pm 0,0126$	$0,297 \pm 0,026$	$43,13 \pm 0,02$
HD 86081	1	RV	b	$1,496 \pm 0,050$	$0,0346 \pm 0,0006$	$0,008 \pm 0,004$	$42,41 \pm 0,02$
HD 86226	2	Transit	c	$0,023 \pm 0,004$	$0,0490 \pm 0,0010$	$0,075 \pm 0,057$	$40,64 \pm 0,08$
HD 87883	1	RV	b	$1,756 \pm 0,282$	$3,5765 \pm 0,0961$	$0,530 \pm 0,120$	$43,33 \pm 0,08$
HD 89307	1	RV	b	$1,791 \pm 0,150$	$3,2661 \pm 0,0665$	$0,200 \pm 0,050$	$43,43 \pm 0,04$
HD 9446	2	RV	b	$0,699 \pm 0,065$	$0,1892 \pm 0,0063$	$0,200 \pm 0,060$	$42,40 \pm 0,05$
HD 9446	2	RV	c	$1,815 \pm 0,172$	$0,6538 \pm 0,0219$	$0,060 \pm 0,060$	$43,09 \pm 0,05$
HD 99109	1	RV	b	$0,504 \pm 0,081$	$1,1081 \pm 0,0207$	$0,090 \pm 0,125$	$42,64 \pm 0,07$
HIP 65 A	1	Transit	b	$3,213 \pm 0,078$	$0,0178 \pm 0,0002$	0	$42,51 \pm 0,01$
HIP 91258	1	RV	b	$1,068 \pm 0,038$	$0,0567 \pm 0,0009$	$0,024 \pm 0,014$	$42,32 \pm 0,02$
iota Hor	1	RV	b	$2,047 \pm 0,202$	$0,9238 \pm 0,0161$	$0,140 \pm 0,130$	$43,25 \pm 0,04$
K2-111	2	Transit	b	$0,017 \pm 0,002$	$0,0570 \pm 0,0012$	$0,130 \pm 0,110$	$40,49 \pm 0,05$
K2-263	1	Transit	b	$0,047 \pm 0,010$	$0,2573 \pm 0,0029$	0,140	$41,27 \pm 0,09$
K2-285	4	Transit	b	$0,030 \pm 0,004$	$0,0382 \pm 0,0009$	0	$40,66 \pm 0,06$
K2-285	4	Transit	c	$0,049 \pm 0,007$	$0,0824 \pm 0,0018$	0	$41,04 \pm 0,06$
K2-285	4	Transit	d	0,020	$0,1178 \pm 0,0029$	0	$40,72 \pm 0,06$
K2-285	4	Transit	e	0,034	$0,1804 \pm 0,0043$	0	$41,05 \pm 0,06$
K2-29	1	Transit	b	$0,730 \pm 0,040$	$0,0422 \pm 0,0002$	$0,066 \pm 0,022$	$42,09 \pm 0,02$
K2-292	1	Transit	b	$0,077 \pm 0,014$	$0,1300 \pm 0,0100$	$0,040 \pm 0,045$	$41,37 \pm 0,08$
K2-30	1	Transit	b	$0,579 \pm 0,028$	$0,0484 \pm 0,0008$	0	$42,01 \pm 0,02$
K2-31	1	Transit	b	$1,774 \pm 0,079$	$0,0220 \pm 0,0018$	0	$42,33 \pm 0,03$
K2-36	2	Transit	b	$0,012 \pm 0,003$	$0,0223 \pm 0,0004$	0	$40,13 \pm 0,11$
K2-36	2	Transit	c	$0,025 \pm 0,007$	$0,0540 \pm 0,0010$	0	$40,64 \pm 0,13$
K2-60	1	Transit	b	$0,426 \pm 0,037$	$0,0450 \pm 0,0030$	0	$41,88 \pm 0,04$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
KELT-16	1	Transit	b	$2,750 \pm 0,155$	$0,0204 \pm 0,0003$	0	$42,56 \pm 0,03$
KELT-4 A	1	Transit	b	$0,902 \pm 0,060$	$0,0432 \pm 0,0008$	0	$42,24 \pm 0,03$
Kepler-117	2	Transit	b	$0,094 \pm 0,033$	$0,1445 \pm 0,0031$	$0,049 \pm 0,006$	$41,51 \pm 0,16$
Kepler-117	2	Transit	c	$1,840 \pm 0,180$	$0,2804 \pm 0,0060$	$0,032 \pm 0,003$	$42,94 \pm 0,05$
Kepler-1654	1	Transit	b	0,500	$2,0260 \pm 0,0360$	$0,260 \pm 0,160$	$42,77 \pm 0,08$
Kepler-1661	1	Transit	b	$0,053 \pm 0,038$	$0,6330 \pm 0,0050$	$0,057 \pm 0,005$	$41,51 \pm 0,39$
Kepler-423	1	Transit	b	$0,595 \pm 0,081$	$0,0359 \pm 0,0008$	$0,019 \pm 0,021$	$41,94 \pm 0,06$
Kepler-425	1	Transit	b	$0,250 \pm 0,080$	$0,0464 \pm 0,0008$	0,330	$41,62 \pm 0,14$
Kepler-426	1	Transit	b	$0,340 \pm 0,080$	$0,0414 \pm 0,0010$	0,180	$41,74 \pm 0,11$
Kepler-428	1	Transit	b	$1,270 \pm 0,190$	$0,0433 \pm 0,0009$	0,220	$42,31 \pm 0,07$
Kepler-74	1	Transit	b	$0,630 \pm 0,120$	$0,0781 \pm 0,0007$	0	$42,21 \pm 0,08$
Kepler-75	1	Transit	b	$10,100 \pm 0,400$	$0,0818 \pm 0,0012$	$0,570 \pm 0,010$	$43,28 \pm 0,02$
Kepler-77	1	Transit	b	$0,430 \pm 0,032$	$0,0450 \pm 0,0006$	0	$41,88 \pm 0,03$
KOI-1257	1	Transit	b	$1,450 \pm 0,350$	$0,3820 \pm 0,0060$	$0,772 \pm 0,045$	$42,68 \pm 0,11$
KPS-1	1	Transit	b	$1,090 \pm 0,087$	$0,0269 \pm 0,0010$	0	$42,15 \pm 0,04$
LTT 9779	1	Transit	b	$0,092 \pm 0,003$	$0,0168 \pm 0,0001$	0	$40,95 \pm 0,07$
mu Ara	4	RV	b	$1,746 \pm 0,069$	$1,5273 \pm 0,0291$	$0,128 \pm 0,017$	$43,29 \pm 0,02$
mu Ara	4	RV	c	$1,889 \pm 0,223$	$5,3406 \pm 0,4016$	$0,099 \pm 0,063$	$43,60 \pm 0,06$
mu Ara	4	RV	d	$0,035 \pm 0,002$	$0,0928 \pm 0,0018$	$0,172 \pm 0,040$	$40,98 \pm 0,03$
mu Ara	4	RV	e	$0,543 \pm 0,030$	$0,9396 \pm 0,0180$	$0,067 \pm 0,012$	$42,68 \pm 0,03$
NGTS-11	1	Transit	b	$0,344 \pm 0,083$	$0,2010 \pm 0,0022$	$0,130 \pm 0,095$	$42,08 \pm 0,11$
NGTS-8	1	Transit	b	$0,930 \pm 0,035$	$0,0350 \pm 0,0010$	$0,010 \pm 0,012$	$42,14 \pm 0,02$
NGTS-9	1	Transit	b	$2,900 \pm 0,170$	$0,0580 \pm 0,0025$	$0,060 \pm 0,064$	$42,83 \pm 0,03$
Pr 201	1	RV	b	$0,540 \pm 0,042$	$0,0566 \pm 0,0009$	0	$42,08 \pm 0,03$
Pr 211	1	RV	b	$1,844 \pm 0,072$	$0,0320 \pm 0,0005$	0	$42,44 \pm 0,02$
Qatar-10	1	Transit	b	$0,736 \pm 0,090$	$0,0286 \pm 0,0006$	0	$42,06 \pm 0,06$
Qatar-4	1	Transit	b	$6,100 \pm 0,540$	$0,0280 \pm 0,0005$	0	$42,91 \pm 0,04$
Qatar-6	1	Transit	b	$0,668 \pm 0,066$	$0,0423 \pm 0,0004$	0	$42,02 \pm 0,04$
Qatar-8	1	Transit	b	$0,371 \pm 0,062$	$0,0474 \pm 0,0008$	0	$41,84 \pm 0,07$
rho CrB	1	RV	b	$1,064 \pm 0,053$	$0,2257 \pm 0,0038$	$0,057 \pm 0,028$	$42,62 \pm 0,02$
tau Gru	1	RV	b	$1,215 \pm 0,115$	$2,5180 \pm 0,0921$	$0,070 \pm 0,074$	$43,26 \pm 0,05$
TIC 237913194	1	Transit	b	$1,942 \pm 0,092$	$0,1207 \pm 0,0037$	$0,575 \pm 0,011$	$42,68 \pm 0,03$
TOI-125	3	Transit	b	$0,030 \pm 0,003$	$0,0519 \pm 0,0008$	$0,194 \pm 0,039$	$40,72 \pm 0,05$
TOI-125	3	Transit	c	$0,021 \pm 0,003$	$0,0814 \pm 0,0013$	$0,066 \pm 0,059$	$40,67 \pm 0,06$
TOI-125	3	Transit	d	$0,043 \pm 0,004$	$0,1370 \pm 0,0022$	$0,168 \pm 0,075$	$41,09 \pm 0,04$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
TOI-132	1	Transit	b	$0,070 \pm 0,006$	$0,0260 \pm 0,0025$	$0,059 \pm 0,044$	$40,97 \pm 0,04$
TOI-150	1	Transit	b	$2,510 \pm 0,120$	$0,0704 \pm 0,0009$	$0,262 \pm 0,041$	$42,80 \pm 0,02$
TOI-169	1	Transit	b	$0,791 \pm 0,062$	$0,0352 \pm 0,0007$	0	$42,13 \pm 0,04$
TOI-421	2	Transit	b	$0,023 \pm 0,002$	$0,0560 \pm 0,0018$	$0,163 \pm 0,077$	$40,62 \pm 0,04$
TOI-421	2	Transit	c	$0,052 \pm 0,003$	$0,1189 \pm 0,0039$	$0,152 \pm 0,042$	$41,14 \pm 0,03$
TOI-561	5	Transit	b	$0,005 \pm 0,001$	$0,0106 \pm 0,0001$	0	$39,59 \pm 0,09$
TOI-561	5	Transit	c	$0,017 \pm 0,003$	$0,0881 \pm 0,0007$	$0,060 \pm 0,055$	$40,58 \pm 0,08$
TOI-561	5	Transit	d	$0,038 \pm 0,004$	$0,1569 \pm 0,0012$	$0,051 \pm 0,050$	$41,05 \pm 0,05$
TOI-561	5	Transit	e	$0,050 \pm 0,007$	$0,3274 \pm 0,0028$	$0,061 \pm 0,047$	$41,33 \pm 0,06$
TOI-561	5	Transit	f	$0,009 \pm 0,007$	$0,1174 \pm 0,0015$	0	$40,37 \pm 0,45$
TOI-677	1	Transit	b	$1,236 \pm 0,068$	$0,1038 \pm 0,0017$	$0,435 \pm 0,024$	$42,52 \pm 0,03$
TOI-763	2	Transit	b	$0,031 \pm 0,002$	$0,0600 \pm 0,0006$	$0,040 \pm 0,035$	$40,79 \pm 0,03$
TOI-763	2	Transit	c	$0,029 \pm 0,003$	$0,1011 \pm 0,0010$	$0,040 \pm 0,035$	$40,87 \pm 0,05$
TOI-892	1	Transit	b	$0,950 \pm 0,070$	$0,0920 \pm 0,0050$	0,125	$42,44 \pm 0,03$
TrES-3	1	Transit	b	$1,910 \pm 0,078$	$0,0228 \pm 0,0003$	0	$42,37 \pm 0,02$
WASP-1	1	Transit	b	$0,854 \pm 0,055$	$0,0389 \pm 0,0006$	0	$42,20 \pm 0,03$
WASP-105	1	Transit	b	$1,800 \pm 0,100$	$0,0750 \pm 0,0030$	0	$42,60 \pm 0,03$
WASP-113	1	Transit	b	$0,475 \pm 0,053$	$0,0589 \pm 0,0001$	0	$42,05 \pm 0,05$
WASP-114	1	Transit	b	$1,769 \pm 0,064$	$0,0285 \pm 0,0004$	$0,012 \pm 0,016$	$42,46 \pm 0,02$
WASP-118	1	Transit	b	$0,514 \pm 0,020$	$0,0545 \pm 0,0005$	0	$42,07 \pm 0,02$
WASP-123	1	Transit	b	$0,899 \pm 0,036$	$0,0426 \pm 0,0007$	0	$42,23 \pm 0,02$
WASP-124	1	Transit	b	$0,600 \pm 0,070$	$0,0449 \pm 0,0007$	0,017	$42,05 \pm 0,05$
WASP-129	1	Transit	b	$1,000 \pm 0,100$	$0,0628 \pm 0,0007$	0,096	$42,32 \pm 0,04$
WASP-131	1	Transit	b	$0,270 \pm 0,020$	$0,0607 \pm 0,0009$	0	$41,76 \pm 0,03$
WASP-135	1	Transit	b	$1,900 \pm 0,080$	$0,0243 \pm 0,0005$	0	$42,40 \pm 0,02$
WASP-139	1	Transit	b	$0,117 \pm 0,017$	$0,0620 \pm 0,0020$	0	$41,37 \pm 0,07$
WASP-140	1	Transit	b	$2,440 \pm 0,070$	$0,0323 \pm 0,0005$	$0,047 \pm 0,004$	$42,55 \pm 0,02$
WASP-141	1	Transit	b	$2,690 \pm 0,150$	$0,0469 \pm 0,0007$	0	$42,74 \pm 0,03$
WASP-142	1	Transit	b	$0,840 \pm 0,090$	$0,0347 \pm 0,0007$	0	$42,18 \pm 0,05$
WASP-144	1	Transit	b	$0,440 \pm 0,060$	$0,0316 \pm 0,0005$	0	$41,78 \pm 0,06$
WASP-145 A	1	Transit	b	$0,890 \pm 0,040$	$0,0261 \pm 0,0005$	0	$42,03 \pm 0,02$
WASP-148	2	Transit	b	$0,291 \pm 0,025$	$0,0845 \pm 0,0022$	$0,220 \pm 0,063$	$41,84 \pm 0,04$
WASP-150	1	Transit	b	$8,460 \pm 0,240$	$0,0694 \pm 0,0010$	$0,378 \pm 0,003$	$43,31 \pm 0,02$
WASP-151	1	Transit	b	$0,310 \pm 0,035$	$0,0550 \pm 0,0010$	0,003	$41,81 \pm 0,05$
WASP-156	1	Transit	b	$0,128 \pm 0,010$	$0,0453 \pm 0,0009$	0,007	$41,33 \pm 0,04$

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	Planeta	Massa (M_J)	a (AU)	e	$\log(J_p)$ ($\text{kg m}^2/\text{s}$)
WASP-158	1	Transit	b	$2,790 \pm 0,230$	$0,0517 \pm 0,0018$	0	$42,80 \pm 0,04$
WASP-162	1	Transit	b	$5,200 \pm 0,200$	$0,0871 \pm 0,0013$	$0,434 \pm 0,005$	$43,06 \pm 0,02$
WASP-171	1	Transit	b	$1,084 \pm 0,094$	$0,0504 \pm 0,0008$	0	$42,35 \pm 0,04$
WASP-173 A	1	Transit	b	$3,690 \pm 0,180$	$0,0248 \pm 0,0006$	0	$42,70 \pm 0,03$
WASP-175	1	Transit	b	$0,990 \pm 0,130$	$0,0440 \pm 0,0006$	0	$42,29 \pm 0,06$
WASP-182	1	Transit	b	$0,148 \pm 0,011$	$0,0451 \pm 0,0009$	0	$41,44 \pm 0,03$
WASP-184	1	Transit	b	$0,570 \pm 0,100$	$0,0627 \pm 0,0012$	0	$42,13 \pm 0,08$
WASP-185	1	Transit	b	$0,980 \pm 0,060$	$0,0904 \pm 0,0017$	$0,240 \pm 0,040$	$42,41 \pm 0,03$
WASP-19	1	Transit	b	$1,069 \pm 0,038$	$0,0163 \pm 0,0002$	$0,002 \pm 0,008$	$42,04 \pm 0,02$
WASP-192	1	Transit	b	$2,300 \pm 0,160$	$0,0408 \pm 0,0008$	0	$42,61 \pm 0,03$
WASP-20	1	Transit	b	$0,311 \pm 0,017$	$0,0600 \pm 0,0007$	0	$41,85 \pm 0,02$
WASP-21	1	Transit	b	$0,300 \pm 0,011$	$0,0520 \pm 0,0004$	0	$41,74 \pm 0,03$
WASP-28	1	Transit	b	$0,907 \pm 0,043$	$0,0447 \pm 0,0008$	0	$42,21 \pm 0,02$
WASP-4	1	Transit	b	$1,186 \pm 0,094$	$0,0226 \pm 0,0008$	0	$42,15 \pm 0,04$
WASP-5	1	Transit	b	$1,580 \pm 0,115$	$0,0267 \pm 0,0010$	$0,038 \pm 0,022$	$42,33 \pm 0,04$
WASP-52	1	Transit	b	$0,460 \pm 0,020$	$0,0272 \pm 0,0003$	0	$41,78 \pm 0,02$
WASP-64	1	Transit	b	$1,271 \pm 0,068$	$0,0265 \pm 0,0002$	0	$42,24 \pm 0,02$
WASP-65	1	Transit	b	$1,550 \pm 0,160$	$0,0334 \pm 0,0017$	0	$42,36 \pm 0,06$
WASP-70 A	1	Transit	b	$0,590 \pm 0,022$	$0,0485 \pm 0,0006$	0	$42,06 \pm 0,02$
WASP-75	1	Transit	b	$1,070 \pm 0,050$	$0,0375 \pm 0,0008$	0	$42,27 \pm 0,02$
WASP-76	1	Transit	b	$0,920 \pm 0,030$	$0,0330 \pm 0,0005$	0	$42,23 \pm 0,02$
WASP-84	1	Transit	b	$0,694 \pm 0,028$	$0,0771 \pm 0,0012$	0	$42,17 \pm 0,02$
WASP-89	1	Transit	b	$5,900 \pm 0,400$	$0,0427 \pm 0,0012$	$0,193 \pm 0,009$	$42,99 \pm 0,04$
WASP-91	1	Transit	b	$1,340 \pm 0,080$	$0,0370 \pm 0,0010$	0	$42,30 \pm 0,03$
WASP-92	1	Transit	b	$0,805 \pm 0,068$	$0,0348 \pm 0,0004$	0	$42,14 \pm 0,04$
WASP-96	1	Transit	b	$0,480 \pm 0,030$	$0,0453 \pm 0,0013$	0	$41,95 \pm 0,03$
WTS-1	1	Transit	b	$4,010 \pm 0,350$	$0,0470 \pm 0,0010$	0,100	$42,90 \pm 0,04$
WTS-2	1	Transit	b	$1,120 \pm 0,160$	$0,0186 \pm 0,0006$	0	$42,07 \pm 0,07$
XO-7	1	Transit	b	$0,709 \pm 0,034$	$0,0442 \pm 0,0006$	$0,038 \pm 0,033$	$42,18 \pm 0,02$

Ao juntar os dados das tabelas 6 e 7, computamos o momentum angular total e seus erros, relacionando posteriormente com a massa estelar e planetária (figura 28, figura 29 e figura 30). A tabela 8 menciona detalhadamente essas informações:

Tabela 8: Informações de $\log(J_*)$ e $\log(\sum J_p)$ usados para calcular o momentum angular total dos sistemas com planetas descobertos por velocidade radial e trânsito desse estudo.

Nome Estrela	n Método	$\log(J_*)$ (kg m ² /s)	$\log(\sum J_p)$ (kg m ² /s)	$\log(J_{tot})$ (kg m ² /s)
14 Her	1 RV	41,94 ± 0,15	43,86 ± 0,03	43,87 ± 0,03
47 UMa	2 RV	42,26 ± 0,08	43,61 ± 0,02	43,63 ± 0,02
51 Peg	1 RV	42,19 ± 0,09	41,96 ± 0,02	42,39 ± 0,06
61 Vir	3 RV	42,05 ± 0,12	41,73 ± 0,04	42,22 ± 0,08
BD +14 4559	1 RV	41,94 ± 0,20	43,00 ± 0,07	43,04 ± 0,06
CoRoT-10	1 Transit	41,89 ± 0,12	42,78 ± 0,03	42,83 ± 0,03
CoRoT-13	1 Transit	42,39 ± 0,11	42,42 ± 0,03	42,70 ± 0,05
CoRoT-16	1 Transit	41,86 ± 0,49	42,05 ± 0,07	42,26 ± 0,15
CoRoT-18	1 Transit	42,62 ± 0,11	42,69 ± 0,06	42,96 ± 0,06
CoRoT-22	1 Transit	42,44 ± 0,18	41,01 ± 0,79	42,46 ± 0,17
CoRoT-23	1 Transit	42,96 ± 0,08	42,74 ± 0,05	43,17 ± 0,05
CoRoT-24	2 Transit	41,94 ± 0,35	41,41 ± 0,41	42,05 ± 0,26
CoRoT-25	1 Transit	42,49 ± 0,07	41,76 ± 0,07	42,56 ± 0,06
CoRoT-27	1 Transit	42,40 ± 0,13	43,29 ± 0,04	43,35 ± 0,04
CoRoT-29	1 Transit	42,23 ± 0,11	42,14 ± 0,11	42,49 ± 0,08
CoRoT-30	1 Transit	42,33 ± 0,05	42,85 ± 0,03	42,96 ± 0,03
CoRoT-8	1 Transit	41,88 ± 0,24	41,64 ± 0,06	42,08 ± 0,14
CoRoT-9	1 Transit	42,25 ± 0,11	42,64 ± 0,03	42,79 ± 0,04
epsilon Eri	1 RV	41,91 ± 0,10	43,16 ± 0,09	43,18 ± 0,08
HAT-P-16	1 Transit	42,47 ± 0,07	42,90 ± 0,01	43,04 ± 0,02
HAT-P-20	1 Transit	41,79 ± 0,11	43,01 ± 0,01	43,03 ± 0,01
HAT-P-43	1 Transit	42,19 ± 0,09	42,08 ± 0,04	42,44 ± 0,06
HAT-P-50	1 Transit	43,03 ± 0,04	42,44 ± 0,03	43,13 ± 0,03
HAT-P-51	1 Transit	41,98 ± 0,13	41,76 ± 0,03	42,19 ± 0,08
HATS-15	1 Transit	42,27 ± 0,05	42,45 ± 0,03	42,67 ± 0,03
HATS-16	1 Transit	42,62 ± 0,05	42,72 ± 0,03	42,97 ± 0,03
HATS-17	1 Transit	42,40 ± 0,05	42,64 ± 0,02	42,84 ± 0,02
HATS-2	1 Transit	41,82 ± 0,15	42,21 ± 0,05	42,36 ± 0,06
HATS-23	1 Transit	42,53 ± 0,06	42,38 ± 0,02	42,77 ± 0,03
HATS-24	1 Transit	42,80 ± 0,03	42,48 ± 0,03	42,97 ± 0,02
HATS-25	1 Transit	42,38 ± 0,06	42,06 ± 0,03	42,55 ± 0,04
HATS-27	1 Transit	43,10 ± 0,04	42,03 ± 0,11	43,14 ± 0,04
HATS-28	1 Transit	42,09 ± 0,18	42,04 ± 0,06	42,37 ± 0,10

Continua na próxima página

Nome Estrela	n Método	$\log(J_*)$ (kg m ² /s)	$\log(\sum J_p)$ (kg m ² /s)	$\log(J_{tot})$ (kg m ² /s)
HATS-29	1 Transit	42,17 ± 0,15	42,11 ± 0,04	42,44 ± 0,08
HATS-3	1 Transit	42,93 ± 0,06	42,34 ± 0,06	43,03 ± 0,05
HATS-30	1 Transit	42,42 ± 0,06	42,11 ± 0,02	42,59 ± 0,04
HD 100777	1 RV	42,03 ± 0,28	42,97 ± 0,04	43,02 ± 0,04
HD 10180	6 RV	41,99 ± 0,11	42,23 ± 0,03	42,43 ± 0,17
HD 102195	1 RV	42,07 ± 0,18	41,89 ± 0,02	42,29 ± 0,10
HD 103197	1 RV	42,01 ± 0,14	41,59 ± 0,03	42,15 ± 0,10
HD 103774	1 RV	42,93 ± 0,04	41,98 ± 0,03	42,98 ± 0,03
HD 106252	1 RV	42,08 ± 0,12	43,92 ± 0,02	43,93 ± 0,02
HD 10647	1 RV	42,61 ± 0,04	43,06 ± 0,12	43,19 ± 0,09
HD 108147	1 RV	42,71 ± 0,04	41,80 ± 0,12	42,76 ± 0,04
HD 108874	2 RV	42,11 ± 0,10	43,38 ± 0,02	43,41 ± 0,02
HD 109246	1 RV	42,23 ± 0,16	42,57 ± 0,04	42,73 ± 0,06
HD 113337	1 RV	42,86 ± 0,09	43,41 ± 0,04	43,52 ± 0,04
HD 11506	2 RV	42,62 ± 0,06	43,83 ± 0,04	43,85 ± 0,04
HD 117207	1 RV	41,73 ± 0,24	43,48 ± 0,02	43,48 ± 0,02
HD 117618	1 RV	42,35 ± 0,07	41,77 ± 0,10	42,45 ± 0,06
HD 12661	2 RV	41,94 ± 0,18	43,68 ± 0,02	43,69 ± 0,02
HD 128311	2 RV	41,98 ± 0,07	43,64 ± 0,02	43,65 ± 0,02
HD 130322	1 RV	41,87 ± 0,14	42,38 ± 0,02	42,50 ± 0,03
HD 134987	2 RV	42,18 ± 0,10	43,46 ± 0,02	43,48 ± 0,02
HD 136118	1 RV	42,93 ± 0,04	44,19 ± 0,02	44,21 ± 0,02
HD 13908	2 RV	42,70 ± 0,06	43,86 ± 0,02	43,89 ± 0,02
HD 13931	1 RV	42,14 ± 0,11	43,56 ± 0,04	43,58 ± 0,03
HD 141937	1 RV	42,07 ± 0,12	43,96 ± 0,02	43,97 ± 0,02
HD 142415	1 RV	42,35 ± 0,07	43,11 ± 0,03	43,18 ± 0,03
HD 143361	1 RV	41,89 ± 0,05	43,59 ± 0,02	43,60 ± 0,02
HD 145377	1 RV	42,38 ± 0,02	43,52 ± 0,02	43,55 ± 0,02
HD 1461	1 RV	42,01 ± 0,17	40,71 ± 0,09	42,03 ± 0,16
HD 147018	2 RV	41,94 ± 0,03	43,91 ± 0,02	43,92 ± 0,02
HD 147873	2 RV	43,01 ± 0,04	43,55 ± 0,02	43,66 ± 0,02
HD 148156	1 RV	42,57 ± 0,08	43,00 ± 0,04	43,13 ± 0,04
HD 149026	1 RV	42,77 ± 0,05	41,86 ± 0,02	42,82 ± 0,05
HD 15337	2 Transit	41,63 ± 0,14	41,07 ± 0,07	41,74 ± 0,46
HD 153950	1 RV	42,33 ± 0,02	43,42 ± 0,02	43,45 ± 0,02

Continua na próxima página

Nome Estrela	n Método	$\log(J_*)$ (kg m ² /s)	$\log(\sum J_p)$ (kg m ² /s)	$\log(J_{tot})$ (kg m ² /s)
HD 154345	1 RV	41,77 ± 0,20	43,20 ± 0,03	43,21 ± 0,03
HD 156279	1 RV	42,09 ± 0,11	43,60 ± 0,03	43,61 ± 0,03
HD 159243	2 RV	42,43 ± 0,06	43,27 ± 0,03	43,33 ± 0,02
HD 16175	1 RV	42,61 ± 0,08	43,70 ± 0,04	43,74 ± 0,04
HD 16417	1 RV	42,28 ± 0,02	41,34 ± 0,04	42,33 ± 0,02
HD 164509	1 RV	42,20 ± 0,03	42,59 ± 0,09	42,74 ± 0,06
HD 164922	2 RV	41,92 ± 0,13	42,63 ± 0,07	42,70 ± 0,06
HD 165155	1 RV	41,91 ± 0,06	43,4 ± 0,03	43,41 ± 0,02
HD 1666	1 RV	42,95 ± 0,12	43,70 ± 0,03	43,77 ± 0,03
HD 169830	2 RV	42,73 ± 0,06	43,99 ± 0,03	44,01 ± 0,03
HD 170469	1 RV	42,12 ± 0,13	42,95 ± 0,07	43,01 ± 0,07
HD 171238	1 RV	41,91 ± 0,02	43,50 ± 0,03	43,51 ± 0,03
HD 17156	1 RV	42,48 ± 0,08	42,97 ± 0,02	43,09 ± 0,02
HD 17674	1 RV	42,17 ± 0,21	42,94 ± 0,04	43,01 ± 0,04
HD 179949	1 RV	42,75 ± 0,04	42,24 ± 0,02	42,87 ± 0,03
HD 181720	1 RV	41,98 ± 0,19	42,60 ± 0,03	42,69 ± 0,04
HD 183263	2 RV	42,05 ± 0,14	44,00 ± 0,03	44,00 ± 0,03
HD 187085	1 RV	42,63 ± 0,05	42,96 ± 0,07	43,13 ± 0,05
HD 187123	2 RV	42,14 ± 0,11	43,56 ± 0,04	43,58 ± 0,04
HD 190647	1 RV	42,32 ± 0,20	43,38 ± 0,04	43,42 ± 0,04
HD 192263	1 RV	41,93 ± 0,09	42,28 ± 0,03	42,44 ± 0,03
HD 202206	2 RV	42,13 ± 0,10	43,49 ± 0,03	43,51 ± 0,03
HD 2039	1 RV	42,36 ± 0,08	43,74 ± 0,08	43,76 ± 0,08
HD 204313	2 RV	42,02 ± 0,02	43,71 ± 0,03	43,72 ± 0,03
HD 205739	1 RV	42,65 ± 0,06	43,10 ± 0,04	43,23 ± 0,03
HD 207832	2 RV	42,15 ± 0,10	43,07 ± 0,07	43,12 ± 0,07
HD 208487	1 RV	42,53 ± 0,05	42,51 ± 0,09	42,82 ± 0,05
HD 209458	1 RV	42,51 ± 0,05	42,13 ± 0,02	42,66 ± 0,04
HD 210277	1 RV	41,97 ± 0,13	43,00 ± 0,02	43,04 ± 0,02
HD 213885	2 Transit	42,29 ± 0,03	40,54 ± 0,03	42,30 ± 0,03
HD 215497	2 RV	41,96 ± 0,16	42,41 ± 0,04	42,54 ± 0,05
HD 216437	1 RV	42,42 ± 0,07	43,46 ± 0,02	43,50 ± 0,02
HD 219828	1 RV	42,47 ± 0,09	41,12 ± 0,04	42,49 ± 0,09
HD 221287	1 RV	42,49 ± 0,12	43,52 ± 0,09	43,56 ± 0,08
HD 222155	1 RV	42,52 ± 0,15	43,61 ± 0,11	43,65 ± 0,11

Continua na próxima página

Nome Estrela	n Método	$\log(J_*)$ (kg m ² /s)	$\log(\sum J_p)$ (kg m ² /s)	$\log(J_{tot})$ (kg m ² /s)
HD 224538	1 RV	42,65 ± 0,04	43,91 ± 0,02	43,93 ± 0,02
HD 224693	1 RV	42,48 ± 0,07	42,49 ± 0,03	42,78 ± 0,04
HD 23079	1 RV	42,29 ± 0,08	43,42 ± 0,02	43,45 ± 0,02
HD 23127	1 RV	42,49 ± 0,07	43,24 ± 0,04	43,31 ± 0,03
HD 231701	1 RV	42,50 ± 0,06	42,86 ± 0,04	43,02 ± 0,04
HD 24040	1 RV	42,26 ± 0,10	43,91 ± 0,04	43,92 ± 0,04
HD 25171	1 RV	41,81 ± 0,30	43,17 ± 0,11	43,19 ± 0,11
HD 29021	1 RV	42,03 ± 0,18	43,41 ± 0,04	43,43 ± 0,03
HD 290327	1 RV	41,84 ± 0,39	43,58 ± 0,04	43,59 ± 0,04
HD 30177	1 RV	42,28 ± 0,08	44,19 ± 0,03	44,19 ± 0,03
HD 30562	1 RV	42,63 ± 0,06	43,10 ± 0,07	43,23 ± 0,05
HD 30669	1 RV	41,90 ± 0,16	42,79 ± 0,06	42,84 ± 0,06
HD 31253	1 RV	42,63 ± 0,07	42,70 ± 0,09	42,97 ± 0,06
HD 33283	1 RV	42,50 ± 0,08	42,02 ± 0,05	42,63 ± 0,06
HD 33636	1 RV	42,26 ± 0,07	44,10 ± 0,02	44,11 ± 0,02
HD 37124	3 RV	41,64 ± 0,19	43,19 ± 0,03	43,20 ± 0,03
HD 38283	1 RV	42,43 ± 0,09	42,44 ± 0,06	42,74 ± 0,05
HD 39091	1 RV	42,32 ± 0,07	44,09 ± 0,02	44,10 ± 0,02
HD 39091	2 Transit	42,31 ± 0,07	40,54 ± 0,09	42,32 ± 0,07
HD 42012	1 RV	41,92 ± 0,22	43,20 ± 0,04	43,23 ± 0,04
HD 4203	1 RV	41,94 ± 0,20	43,24 ± 0,03	43,26 ± 0,03
HD 43197	1 RV	42,15 ± 0,22	42,42 ± 0,11	42,61 ± 0,10
HD 44219	1 RV	42,22 ± 0,22	42,63 ± 0,09	42,78 ± 0,08
HD 45350	1 RV	41,98 ± 0,17	43,14 ± 0,03	43,17 ± 0,03
HD 45364	2 RV	41,67 ± 0,03	42,77 ± 0,02	42,81 ± 0,02
HD 45652	1 RV	42,02 ± 0,11	42,20 ± 0,04	42,42 ± 0,18
HD 47186	2 RV	42,13 ± 0,02	42,66 ± 0,09	42,77 ± 0,07
HD 50499	1 RV	42,55 ± 0,06	43,50 ± 0,04	43,55 ± 0,04
HD 50554	1 RV	42,44 ± 0,06	43,71 ± 0,04	43,73 ± 0,04
HD 52265	1 RV	42,61 ± 0,05	42,82 ± 0,04	43,03 ± 0,03
HD 5388	1 RV	42,56 ± 0,07	43,35 ± 0,02	43,41 ± 0,02
HD 63765	1 RV	41,88 ± 0,17	42,68 ± 0,03	42,74 ± 0,04
HD 67087	1 RV	43,05 ± 0,09	43,50 ± 0,03	43,63 ± 0,03
HD 6718	1 RV	41,96 ± 0,27	43,39 ± 0,04	43,40 ± 0,04
HD 68988	1 RV	42,29 ± 0,09	42,62 ± 0,03	42,79 ± 0,03

Continua na próxima página

Nome Estrela	n Método	$\log(J_*)$ (kg m ² /s)	$\log(\sum J_p)$ (kg m ² /s)	$\log(J_{tot})$ (kg m ² /s)
HD 72659	1 RV	42,24 ± 0,10	43,77 ± 0,02	43,78 ± 0,02
HD 72892	1 RV	42,27 ± 0,04	43,26 ± 0,02	43,30 ± 0,02
HD 73267	1 RV	41,99 ± 0,02	43,55 ± 0,02	43,56 ± 0,02
HD 73526	2 RV	42,33 ± 0,09	43,60 ± 0,02	43,62 ± 0,02
HD 74156	2 RV	42,60 ± 0,05	44,17 ± 0,02	44,18 ± 0,02
HD 75898	1 RV	42,69 ± 0,07	43,42 ± 0,04	43,49 ± 0,04
HD 76700	1 RV	42,00 ± 0,18	41,67 ± 0,04	42,17 ± 0,12
HD 77338	1 RV	42,02 ± 0,04	41,00 ± 0,14	42,06 ± 0,03
HD 7924	3 RV	41,70 ± 0,16	41,24 ± 0,03	41,83 ± 0,12
HD 81040	1 RV	41,99 ± 0,24	43,83 ± 0,03	43,84 ± 0,03
HD 82943	2 RV	41,95 ± 0,18	43,44 ± 0,02	43,45 ± 0,02
HD 83443	1 RV	41,83 ± 0,18	41,83 ± 0,02	42,13 ± 0,09
HD 8535	1 RV	41,96 ± 0,39	42,98 ± 0,04	43,02 ± 0,04
HD 8574	1 RV	42,60 ± 0,05	43,13 ± 0,02	43,24 ± 0,02
HD 86081	1 RV	42,52 ± 0,06	42,41 ± 0,02	42,77 ± 0,03
HD 86226	2 Transit	42,15 ± 0,15	40,64 ± 0,08	42,17 ± 0,15
HD 87883	1 RV	41,88 ± 0,10	43,33 ± 0,08	43,34 ± 0,08
HD 89307	1 RV	42,30 ± 0,07	43,43 ± 0,04	43,46 ± 0,04
HD 9446	2 RV	42,31 ± 0,12	43,17 ± 0,04	43,23 ± 0,04
HD 99109	1 RV	41,98 ± 0,12	42,64 ± 0,07	42,72 ± 0,06
HIP 65 A	1 Transit	41,89 ± 0,15	42,51 ± 0,01	42,60 ± 0,03
HIP 91258	1 RV	42,27 ± 0,07	42,32 ± 0,02	42,60 ± 0,03
iota Hor	1 RV	42,70 ± 0,04	43,25 ± 0,04	43,36 ± 0,04
K2-111	2 Transit	41,81 ± 0,21	40,49 ± 0,05	41,83 ± 0,20
K2-263	1 Transit	41,92 ± 0,19	41,27 ± 0,09	42,01 ± 0,15
K2-285	4 Transit	42,15 ± 0,09	41,50 ± 0,06	42,24 ± 0,12
K2-29	1 Transit	42,22 ± 0,06	42,09 ± 0,02	42,46 ± 0,04
K2-292	1 Transit	42,44 ± 0,10	41,37 ± 0,08	42,48 ± 0,09
K2-30	1 Transit	41,77 ± 0,10	42,01 ± 0,02	42,21 ± 0,04
K2-31	1 Transit	42,01 ± 0,10	42,33 ± 0,03	42,50 ± 0,04
K2-36	2 Transit	41,80 ± 0,18	40,76 ± 0,10	41,84 ± 0,17
K2-60	1 Transit	42,12 ± 0,11	41,88 ± 0,04	42,32 ± 0,07
KELT-16	1 Transit	42,84 ± 0,04	42,56 ± 0,03	43,02 ± 0,03
KELT-4 A	1 Transit	42,80 ± 0,09	42,24 ± 0,03	42,91 ± 0,07
Kepler-117	2 Transit	42,78 ± 0,15	42,96 ± 0,04	43,18 ± 0,07

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	$\log(J_*)$ (kg m ² /s)	$\log(\sum J_p)$ (kg m ² /s)	$\log(J_{tot})$ (kg m ² /s)
Kepler-1654	1	Transit	42,12 ± 0,19	42,77 ± 0,08	42,86 ± 0,07
Kepler-1661	1	Transit	41,95 ± 0,09	41,51 ± 0,39	42,08 ± 0,11
Kepler-423	1	Transit	42,05 ± 0,09	41,94 ± 0,06	42,30 ± 0,06
Kepler-425	1	Transit	42,12 ± 0,15	41,62 ± 0,14	42,24 ± 0,12
Kepler-426	1	Transit	42,14 ± 0,15	41,74 ± 0,11	42,29 ± 0,11
Kepler-428	1	Transit	41,89 ± 0,14	42,31 ± 0,07	42,45 ± 0,13
Kepler-74	1	Transit	42,56 ± 0,09	42,21 ± 0,08	42,72 ± 0,07
Kepler-75	1	Transit	42,20 ± 0,20	43,28 ± 0,02	43,32 ± 0,02
Kepler-77	1	Transit	41,97 ± 0,27	41,88 ± 0,03	42,23 ± 0,14
KOI-1257	1	Transit	42,45 ± 0,06	42,68 ± 0,11	42,88 ± 0,07
KPS-1	1	Transit	42,36 ± 0,11	42,15 ± 0,04	42,57 ± 0,07
LTT 9779	1	Transit	41,65 ± 0,23	40,95 ± 0,07	41,73 ± 0,19
mu Ara	4	RV	42,39 ± 0,08	43,80 ± 0,04	43,82 ± 0,03
NGTS-11	1	Transit	41,64 ± 0,40	42,08 ± 0,11	42,21 ± 0,12
NGTS-8	1	Transit	42,24 ± 0,09	42,14 ± 0,02	42,50 ± 0,05
NGTS-9	1	Transit	42,82 ± 0,08	42,83 ± 0,03	43,13 ± 0,04
Pr 201	1	RV	42,87 ± 0,03	42,08 ± 0,03	42,93 ± 0,03
Pr 211	1	RV	42,34 ± 0,06	42,44 ± 0,02	42,69 ± 0,03
Qatar-10	1	Transit	42,68 ± 0,05	42,06 ± 0,06	42,77 ± 0,04
Qatar-4	1	Transit	42,48 ± 0,05	42,91 ± 0,04	43,05 ± 0,03
Qatar-6	1	Transit	41,98 ± 0,08	42,02 ± 0,04	42,30 ± 0,04
Qatar-8	1	Transit	42,30 ± 0,08	41,84 ± 0,07	42,43 ± 0,07
rho CrB	1	RV	41,98 ± 0,14	42,62 ± 0,02	42,71 ± 0,03
tau Gru	1	RV	42,79 ± 0,05	43,26 ± 0,05	43,39 ± 0,04
TIC 237913194	1	Transit	42,14 ± 0,08	42,68 ± 0,03	42,79 ± 0,03
TOI-125	3	Transit	41,61 ± 0,24	41,35 ± 0,03	41,80 ± 0,15
TOI-132	1	Transit	42,16 ± 0,05	40,97 ± 0,04	42,19 ± 0,05
TOI-150	1	Transit	42,96 ± 0,02	42,8 ± 0,02	43,19 ± 0,02
TOI-169	1	Transit	42,31 ± 0,15	42,13 ± 0,04	42,53 ± 0,09
TOI-421	2	Transit	41,87 ± 0,27	41,26 ± 0,02	41,96 ± 0,21
TOI-561	5	Transit	41,87 ± 0,18	41,59 ± 0,04	42,06 ± 0,12
TOI-677	1	Transit	42,81 ± 0,03	42,52 ± 0,03	42,99 ± 0,02
TOI-763	2	Transit	41,89 ± 0,11	41,14 ± 0,03	41,96 ± 0,09
TOI-892	1	Transit	42,88 ± 0,03	42,44 ± 0,03	43,01 ± 0,02
TrES-3	1	Transit	41,81 ± 0,26	42,37 ± 0,02	42,48 ± 0,05

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	$\log(J_*)$ (kg m ² /s)	$\log(\sum J_p)$ (kg m ² /s)	$\log(J_{tot})$ (kg m ² /s)
WASP-1	1	Transit	42,77 ± 0,06	42,20 ± 0,03	42,87 ± 0,05
WASP-105	1	Transit	41,88 ± 0,14	42,60 ± 0,03	42,67 ± 0,08
WASP-113	1	Transit	42,90 ± 0,06	42,05 ± 0,05	42,96 ± 0,05
WASP-114	1	Transit	42,82 ± 0,05	42,46 ± 0,02	42,97 ± 0,04
WASP-118	1	Transit	43,08 ± 0,05	42,07 ± 0,02	43,12 ± 0,05
WASP-123	1	Transit	41,92 ± 0,38	42,23 ± 0,02	42,40 ± 0,10
WASP-124	1	Transit	42,29 ± 0,13	42,05 ± 0,05	42,48 ± 0,08
WASP-129	1	Transit	42,13 ± 0,10	42,32 ± 0,04	42,54 ± 0,05
WASP-131	1	Transit	42,43 ± 0,14	41,76 ± 0,03	42,52 ± 0,11
WASP-135	1	Transit	42,39 ± 0,09	42,40 ± 0,02	42,69 ± 0,05
WASP-139	1	Transit	42,23 ± 0,13	41,37 ± 0,07	42,29 ± 0,11
WASP-140	1	Transit	42,13 ± 0,12	42,55 ± 0,02	42,69 ± 0,03
WASP-141	1	Transit	42,57 ± 0,10	42,74 ± 0,03	42,96 ± 0,04
WASP-142	1	Transit	42,57 ± 0,21	42,18 ± 0,05	42,72 ± 0,15
WASP-144	1	Transit	41,84 ± 0,33	41,78 ± 0,06	42,11 ± 0,16
WASP-145 A	1	Transit	41,78 ± 0,26	42,03 ± 0,02	42,22 ± 0,09
WASP-148	2	Transit	42,23 ± 0,38	41,84 ± 0,04	42,38 ± 0,24
WASP-150	1	Transit	43,05 ± 0,05	43,31 ± 0,02	43,50 ± 0,02
WASP-151	1	Transit	42,47 ± 0,10	41,81 ± 0,05	42,55 ± 0,08
WASP-156	1	Transit	42,13 ± 0,11	41,33 ± 0,04	42,19 ± 0,09
WASP-158	1	Transit	42,99 ± 0,10	42,80 ± 0,04	43,21 ± 0,06
WASP-162	1	Transit	41,77 ± 0,48	43,06 ± 0,02	43,08 ± 0,03
WASP-171	1	Transit	42,83 ± 0,07	42,35 ± 0,04	42,95 ± 0,05
WASP-173 A	1	Transit	42,60 ± 0,04	42,70 ± 0,03	42,95 ± 0,02
WASP-175	1	Transit	42,51 ± 0,09	42,29 ± 0,06	42,71 ± 0,06
WASP-182	1	Transit	42,05 ± 0,39	41,44 ± 0,03	42,15 ± 0,28
WASP-184	1	Transit	42,70 ± 0,11	42,13 ± 0,08	42,81 ± 0,09
WASP-185	1	Transit	42,42 ± 0,15	42,41 ± 0,03	42,71 ± 0,07
WASP-19	1	Transit	42,36 ± 0,04	42,04 ± 0,02	42,53 ± 0,02
WASP-192	1	Transit	42,39 ± 0,17	42,61 ± 0,03	42,82 ± 0,06
WASP-20	1	Transit	42,65 ± 0,05	41,85 ± 0,02	42,71 ± 0,04
WASP-21	1	Transit	41,93 ± 0,19	41,74 ± 0,03	42,14 ± 0,11
WASP-28	1	Transit	42,31 ± 0,05	42,21 ± 0,02	42,56 ± 0,03
WASP-4	1	Transit	41,97 ± 0,17	42,15 ± 0,04	42,37 ± 0,07
WASP-5	1	Transit	42,23 ± 0,13	42,33 ± 0,04	42,58 ± 0,06

Continua na próxima página

Nome Estrela	n	Método	$\log(J_*)$ (kg m ² /s)	$\log(\sum J_p)$ (kg m ² /s)	$\log(J_{tot})$ (kg m ² /s)
WASP-52	1	Transit	42,14 ± 0,11	41,78 ± 0,02	42,29 ± 0,08
WASP-64	1	Transit	42,30 ± 0,11	42,24 ± 0,02	42,57 ± 0,06
WASP-65	1	Transit	42,27 ± 0,09	42,36 ± 0,06	42,62 ± 0,05
WASP-70 A	1	Transit	42,13 ± 0,10	42,06 ± 0,02	42,40 ± 0,06
WASP-75	1	Transit	42,53 ± 0,09	42,27 ± 0,02	42,72 ± 0,06
WASP-76	1	Transit	42,66 ± 0,08	42,23 ± 0,02	42,80 ± 0,06
WASP-84	1	Transit	42,16 ± 0,04	42,17 ± 0,02	42,47 ± 0,02
WASP-89	1	Transit	42,05 ± 0,17	42,99 ± 0,04	43,03 ± 0,04
WASP-91	1	Transit	41,98 ± 0,08	42,30 ± 0,03	42,47 ± 0,03
WASP-92	1	Transit	42,70 ± 0,10	42,14 ± 0,04	42,81 ± 0,08
WASP-96	1	Transit	41,97 ± 0,58	41,95 ± 0,03	42,26 ± 0,21
WTS-1	1	Transit	42,73 ± 0,14	42,90 ± 0,04	43,13 ± 0,06
WTS-2	1	Transit	41,87 ± 0,22	42,07 ± 0,07	42,28 ± 0,09
XO-7	1	Transit	42,84 ± 0,08	42,18 ± 0,02	42,93 ± 0,06

REFERÊNCIAS

- [1] CARRASCO, L.; ROTH, M.; SERRANO, A. **Density scaling of the angular momentum versus mass universal relationship**. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 106, no. 1, p. 89-93, 1982.
- [2] LANZA, A. F. **Hot Jupiters and the evolution of stellar angular momentum**. *A&A* 512, A77, 2010.
- [3] DAMIANI, C.; LANZA, A. F. **Evolution of angular-momentum-losing exoplanetary systems Revisiting Darwin stability***. *A&A* 574, A39, 2015.
- [4] ALVES, S.; DO NASCIMENTO JR., J. D.; DE MEDEIROS, J. R. **Behaviour of Parent Stars of Extrasolar Planets**. *MNRAS*, v. 408, p. 1770–1777, nov.2010.
- [5] GURUMATH, S. R.; HIREMATH, K. M.; RAMASUBRAMANIAN, V. **Angular Momentum of Stars and their Planets**. *The Astronomical Society of the Pacific*, 131:014401 (8pp), jan.2019.
- [6] KRAFT, R. P. **Studies of Stellar Rotation. V. The Dependence of Rotation on Age among Solar-Type Stars**. *Astrophysical Journal*, vol. 150, p.551, nov.1967.
- [7] KRAFT, R. P. **Stellar Rotation**. In *Spectroscopic Astrophysics. An Assessment of the Contributions of Otto Struve*. Edited by G.H. Herbig. Berkeley: University of California Press, p.385, 1970.
- [8] MCNALLY, D. **The Distribution of Angular Momentum among Main Sequence Stars**. *The Observatory*, Vol. 85, p. 166-169, 1965.
- [9] KAWALER, S. D. **Angular Momentum in Stars - The Kraft Curve Revisited**. *The Astronomical Society of the Pacific*, vol. 99, p. 1322-1328, dez.1987.
- [10] TARAFDAR, S. P. & VARDYA, M. S. **On the Variation of Specific Angular Momentum Among Main Sequence Stars**. *Astrophysics and Space Science*, Volume 13, Issue 1, pp.234-248,1971.
- [11] HUANG, S.-S. **Rotational Behavior of the Main-Sequence Stars and its Plausible Consequences Concerning Formation of Planetary System. II**. *The Astrophysical Journal*, vol. 150, p.229, out.1967.
- [12] GALLET, F.; BOUVIER, J. **Improved angular momentum evolution model for solar-like stars***. *A&A* 556, A36 (2013).
- [13] SKUMANICH, A. **Time Scales for CA II Emission Decay, Rotational Braking, and Lithium Depletion**. *The Astrophysical Journal*, vol. 171, p.565, fev. 1972.
- [14] STAUFFER, J. R.; HARTMANN, L. W. **The Rotational Velocities of Low-Mass Stars**. *The Astronomical Society of the Pacific*, vol. 98, p.1233-1251, dez.1986.
- [15] BERNACCA, P. L.; PERINOTTO, M. **Axial Rotation of Stars Along the Main Sequence**. *Astronomy and Astrophysics*, Vol.33, p.443-450, 1974.

- [16] LANGER, N. & HEGER, A. **The Evolution of Surface Parameters of Rotating Massive Stars**. Boulder-Munich II: Properties of Hot, Luminous Stars, edited by Ian Howarth, ASP Conference Series vol. 131 (San Francisco), p. 76, 1998.
- [17] HUANG, S.-S.; STRUVE, O. **Stellar Rotation**. *Annales d'Astrophysique*, vol. 17, p.85, 1954.
- [18] PAZ-CHINCHÓN, F.; LEÃO, I. C.; BRAVO, J. P.; DE FREITAS, D. B.; FERREIRA LOPES, C. E.; ALVES, S.; CATELAN, M.; CANTO MARTINS, B. L.; AND DE MEDEIROS, J. R. **The Rotational Behavior of Kepler Stars with Planets**. *The Astrophysical Journal*, 803:69 (11pp), abr. 2015.
- [19] DE FREITAS, D. B. **A Evolução da Rotação Estelar na Vinhança Solar**. 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Física) - Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- [20] WOLFF, S. & SIMON, T. **The Angular Momentum of Main Sequence Stars and Its Relation to Stellar Activity**. *The Astronomical Society of the Pacific*, v.109, p.759-775, 1997.
- [21] CHANDRASEKHAR, S.; MÜNCH, G. **On the Integral Equation Governing the Distribution of the True and the Apparent Rotational Velocities of Stars**. *Astrophysical Journal*, vol. 111, p. 142, 1950.
- [22] TASSOUL, Jean-Louis. **Stellar Rotation**. Cambridge University Press, 2000.
- [23] KÜKER, M.; RÜDIGER, G. **Differential rotation on the lower main sequence**. *Astronomische Nachrichten*, Vol.326, p.265-268, 2005.
- [24] BELVEDERE, G.; PARTENO, L.; STIX, M. **Differential rotation along the lower main sequence - A theoretical investigation***. *Astronomy and Astrophysics*, vol. 88, p. 240-247, ago.1980.
- [25] REINHOLD, T.; REINERS, A.; BASRI, G. **Rotation and differential rotation of active Kepler stars****. *A&A*, vol. 560, 2013.
- [26] AL-ABUDI, Bushra Q.; HUSSAIN, Ali A-K.; ABDULLA, Ashraf S. **Spectral Analysis and Physical Properties of Main-Sequence Stars***. *Iraqi Journal of Science*, Vol. 49, Issue 2, p. 170-178, 2008.
- [27] SHAJN, G.; STRUVE, O. **On the Rotation of the Stars**. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 89, p.222-239,1929.
- [28] HERBIG, G. H. **The Rotation of the Stars***. *Astronomical Society of the Pacific Leaflets*, Vol. 5, No. 229, p.241, 1948.
- [29] MACHADO, João Marcelo. **Rotação, atividade magnética e a ocorrência de jupiterianos quentes em estrelas frias**. 2018. 118f. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Física Teórica e Experimental, Programa de Pós-graduação em Física, PPGF, Natal, 2018.
- [30] MAYOR, Michel.; QUELOZ, Didier. **A Jupiter-mass companion to a solar-type star**. *Nature*, Volume. 378, Issue 6555, p. 355-359, nov.1995.

- [31] CROWTHER, Paul. **Birth, life and death of massive stars**. *Astronomy & Geophysics*, Vol. 53, Issue 4, p. 4.30–4.36, 2012.
- [32] ABT, Helmut A.; HUNTER, James H., Jr. **Stellar Rotation in Galactic Clusters**. *Astrophysical Journal*, vol. 136, p.381, set.1962.
- [33] SCHATZMAN, E. **A Theory of the Role of Magnetic Activity during Star Formation**. *Annales d’Astrophysique*, Vol. 25, p.18, 1962.
- [34] IRWIN, Stacy Ann. **Analysis of Angular Momentum in Planetary Systems and Host Stars**. 2015. 201p. Thesis (Ph.D.) - Florida Institute of Technology, Melbourne, Florida, 2015.
- [35] RAY, Tom. **Losing spin: the angular momentum problem**. *Astronomy & Geophysics*, Vol. 53, Issue 5, p. 5.19–5.22, 2012.
- [36] ALVES, S. **Interação estrela-planeta: sobre o magnetismo de planetas gigantes gasosos**. 2012. 175f. Tese (Doutorado em Física) - Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- [37] WRIGHT, Jason T. **Radial Velocities as an Exoplanet Discovery Method**. In: Deeg H., Belmonte J. (eds) *Handbook of Exoplanets*. Springer, Cham. p. 619-631, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55333-7_4
- [38] DEEG, Hans J.; ALONSO, Roi. **Transit Photometry as an Exoplanet Discovery Method**. In: Deeg H., Belmonte J. (eds) *Handbook of Exoplanets*. Springer, Cham. p. 633-657, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55333-7_117
- [39] LANZAFAME, A. C.; SPADA, F.; DISTEFANO, E. **Evidence of radius inflation in stars approaching the slow-rotator sequence***. *A&A* 597, A63 (2017).
- [40] JOFRÉ, E.; PETRUCCI, R.; SAFFE, C.; SAKER, L.; ARTUR DE LA VILLARMOIS, E.; CHAVERO, C.; GÓMEZ, M.; MAUAS, P. J. D. **Stellar parameters and chemical abundances of 223 evolved stars with and without planets****. *A&A* 574, A50 (2015).
- [41] **Nasa Exoplanet Archive**. Disponível em: <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>. Acesso em: 08 jan.2021.
- [42] **The Exoplanet Orbit Database**. Disponível em: <http://exoplanets.org/>. Acesso em: 08 jan.2021.
- [43] FRICKE, K. J. & KIPPENHAHN, R. **Evolution of Rotating Stars**. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, vol. 10, p.45-72, 1972.
- [44] YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; FORD, A. L. **University Physics with Modern Physics**. 13th ed, Pearson Education Limited, 2014.
- [45] GALLET, F.; BOUVIER, J. **Improved angular momentum evolution model for solar-like stars II. Exploring the mass dependence**. *A&A* 577, A98 (2015).
- [46] RAY, S. **Error Propagation and Uncertainty Evaluation for Automatic Control-A Neglected part of Engineering Education**. *Procedia Technology*, Volume 4, p. 629-635, 2012.

- [47] KU, H.H. **Notes on the use of propagation of error formulas.** Journal of Research of the National Bureau of Standards. Section C: Engineering and Instrumentation, vol. 70C, No. 4, p. 263, 1966.
- [48] ARBAB, A. I.; SALIH, Saadia E.; HASSAN, Sultan H.; AGALI, Ahmed El.; ABUBAKER, Husam. **The planetary spin and rotation period: a modern approach.** Astrophysics and Space Science volume. 348, p. 57–63, 2013.
- [49] BERGET, D. J. & DURRANCE, S. T. **Angular Momentum in Extrasolar Planetary Systems.** Journal of the Southeastern Association for Research in Astronomy, vol. 3, p. 32-35, 2010.
- [50] HARTMAN, J. D.; BAKOS, G. Á.; KOVÁCS, G.; & NOYES, R. W. **A Large Sample of Photometric Rotation Periods for FGK Pleiades Stars.** Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 408, Issue 1, pp. 475-489, 2010.
- [51] STAUFFER, J. R.; & HARTMANN, L. W. **The Distribution of Rotational Velocities for Low-Mass Stars in the Pleiades.** The Astrophysical Journal, v.318, p.337, 1987.
- [52] SODERBLOM, D. R.; STAUFFER, J. R.; HUDON, J. D.; & JONES, B. F. **Rotation and Chromospheric Emission among F, G, and K Dwarfs of the Pleiades.** The Astrophysical Journal Supplement Series, v.85, p.315, 1993.
- [53] QUELOZ, D.; ALLAIN, S.; MERMILLIOD, J.-C.; BOUVIER, J.; & MAYOR, M. **The rotational velocity of low-mass stars in the Pleiades cluster.** Astronomy and Astrophysics, v.335, p.183-198, 1998.
- [54] TERNDRUP, D. M.; STAUFFER, J. R.; PINSONNEAULT, M. H. et al. **Rotational Velocities of Low-Mass Stars in the Pleiades and Hyades.** The Astronomical Journal, Vol.119, p.1303-1316, 2000.
- [55] KROUPA, Pavel. **Stellar mass limited.** Nature, vol. 434, p. 148–149, 2005.
- [56] MACIEL, Walter J. **Introduction to Stellar Structure.** Springer International Publishing, 2016.
- [57] PHILLIPS, A. C. **The physics of stars.** John Wiley & Sons, 2013.
- [58] CARRASCO, L.; FRANCO, J.; ROTH, M. **On the initial distribution and evolution of angular momentum for main sequence stars.** Astronomy and Astrophysics, Vol. 86, p. 217-220, 1980.
- [59] HUGHES, D. W. **Six stages in the history of the astronomical unit.** Journal of Astronomical History and Heritage (ISSN 1440-2807), Vol. 4, No. 1, p. 15-28, 2001.
- [60] RUTTEN, R. G. M. & PYLYSER, E. **Magnetic structure in cool stars. XV - The evolution of rotation rates and chromospheric activity of giants.** Astronomy and Astrophysics, vol. 191, p. 227-236, 1988.
- [61] PRIVITERA, Giovanni.; MEYNET, Georges.; EGGENBERGER, Patrick.; VIDOTTO, Aline A.; VILLAVER, Eva.; BIANDA, Michele. **Star-planet interactions. II. Is planet engulfment the origin of fast rotating red giants?.** A& A, vol. 593, A128, set. 2016.

- [62] SCHÖNBERG, M. ; CHANDRASEKHAR, S. **On the Evolution of the Main-Sequence Stars**. *Astrophysical Journal*, vol. 96, p.161, 1942.
- [63] VANDERBURG, A.; PLAVCHAN, P.; JOHNSON, J. A.; CIARDI, D. R.; SWIFT, J.; KANE, S. R. **Radial velocity planet detection biases at the stellar rotational period**. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 459, Issue 4, p.3565-3573, 2016.
- [64] LINDEGREN, L.; & DRAVINS, D. **The fundamental definition of “radial velocity”**. *A&A*, Volume 401, p. 1185-1201, 2003.
- [65] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- [66] OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza.; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e astrofísica**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
- [67] CHARBONNEAU, D.; BROWN, T. M.; BURROWS, A.; LAUGHLIN, G. **When Extrasolar Planets Transit Their Parent Stars**. *Protostars and Planets V*, B. Reipurth, D. Jewitt, and K. Keil (eds.), University of Arizona Press, Tucson, 951, p.701-716, 2007.
- [68] **Notes of star Kepler-6**. *Extrasolar Planets Encyclopaedia*. 2010. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20110121151008/http://exoplanet.eu/star.php?st=Kepler-6#>. Acesso em: 16 jul.2021.
- [69] **Notes of star Kepler-4**. *Extrasolar Planets Encyclopaedia*. 2010. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20120120162918/http://exoplanet.eu/star.php?st=Kepler-4#>. Acesso em: 16 jul.2021.
- [70] **VizieR - Université de Strasbourg (Centre de Données astronomiques de Strasbourg)**. Disponível em: <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>. Acesso em: 14 fev.2020.
- [71] MARTIOLI, Eder.; MCARTHUR, Barbara E.; BENEDICT, G. Fritz.; BEAN, Jacob L.; HARRISON, Thomas E.; ARMSTRONG, Amber. **The Mass of the Candidate Exoplanet Companion to HD 136118 from Hubble Space Telescope Astrometry and High-Precision Radial Velocities***. *The Astrophysical Journal*, vol. 708, p. 625–634, 2010.